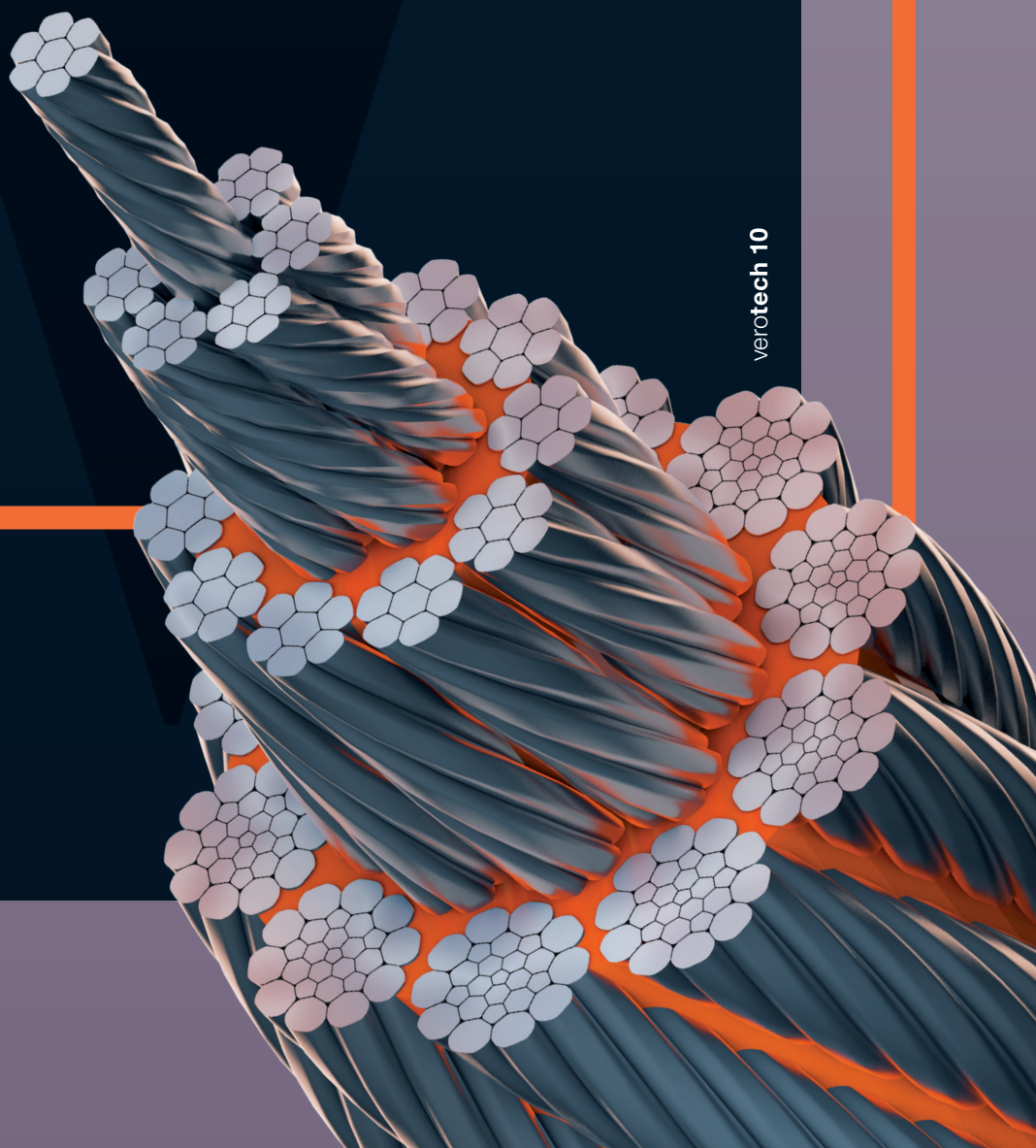


verope ®

FOLLETO TÉCNICO

Cables de acero especiales **verope**®

verotech 10



CONTENIDOS

1.	FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE LOS CABLES	4
1.1	Todo sobre el "alambre"	4
1.1.1	Materia prima	4
1.1.2	Proceso de manufactura	4
1.1.3	Superficie del alambre	4
1.1.4	Formas del alambre	4
1.1.5	Resistencia a la tracción del alambre	4
1.2	Todo sobre el torón	5
1.2.1	Longitud de paso del torón	5
1.2.2	Dirección de paso del torón	5
1.2.3	Diámetro del torón	6
1.2.4	Diseño del torón	6
1.2.5	Torones redondos compactados	8
1.2.6	Factor de relleno del torón	8
1.3	Todo sobre el cable	10
1.3.1	Diámetro del cable	10
1.3.2	Instrumentos de medición y su correcta aplicación	10
1.3.3	Tipos de dispositivos de medición	11
1.3.4	Dirección de paso de un cable de acero	12
1.3.5	Diseño del cable	12
1.3.6	Factor de relleno del cable	12
1.3.7	Tipos de paso de cables de acero	13
1.3.8	Cables de baja tensión	14
1.3.9	Tipos de almas de cables (denominaciones abreviadas según la norma EN 12385-2)	14
1.3.10	Cables semi-antigiratorios	14
1.3.11	Cables antigiratorios	14
1.3.12	Lubricante para cables y relubricación	16
2.	CARACTERÍSTICAS DEL CABLE	17
2.1	Resistencia a la rotura	17
2.2	Resistencia a la fatiga por flexión	17
2.3	Flexibilidad	17
2.4	Factor de eficiencia	18
2.5	Resistencia al desgaste	18
2.6	Comportamiento de la deformación	20
2.6.1	Módulo de elasticidad	20
2.6.2	Estabilidad radial	22
2.6.3	Estabilidad estructural	22
2.6.4	Reducción del diámetro de un cable de acero especial	22
3.	¿POR QUÉ CABLES DE ACERO ESPECIALES?	23
3.1	Capa de plástico	23
3.2	Resistencia a la rotura	24
3.2.1	Resistencia a la rotura y eslabón giratorio	25
3.3	Fatiga por flexión y vida útil del cable	25
3.3.1	Fatiga por flexión cuando se utilizan poleas de acero o de plástico	30
3.3.2	Fatiga por flexión de cables no galvanizados y galvanizados	30
3.3.3	Fatiga por flexión en función del diámetro de la ranura	31
3.3.4	Fatiga por flexión en función de la tensión	32

3.3.5	Fatiga por flexión en función del diámetro de la polea	32
3.4	Comportamiento de las deformaciones	33
3.4.1	Módulo de elasticidad	34
3.4.2	Alargamiento	35
3.4.3	Reducción del diámetro	36
3.4.4	Estabilidad lateral con y sin carga	37
3.5	Comportamiento rotacional	39
3.6	Flexibilidad	40
3.7	Factor de eficiencia	40
4.	CRITERIOS DE DESCARTE (ISO 4309)	42
5.	COMPONENTES DE LA GRÚA	44
5.1	Tambores	44
5.2	Poleas	44
6.	ELIJA EL CABLE ADECUADO PARA SU APLICACIÓN	46
6.1	Vista de la aplicación	46
6.2	Vista del cable	46
6.2.1	“Aplicación de izado”	46
6.2.1.1	Uso de eslabón giratorio en los cables de elevación	48
6.2.2	Más aplicaciones para grúas	50
6.3	Aplicación de cables de paso regular (u ordinario) y paso Lang	52
6.3.1	Cables de paso regular	52
6.3.2	Cables de paso Lang	52
7.	REQUISITOS DEL CABLE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GRÚA	54
8.	TERMINALES DEL CABLE	56
8.1	Puntos de referencia para determinar con precisión la longitud del cable	56
8.2	Factor de eficiencia K_t de las terminales de los cables	56
9.	INFORMACIÓN GENERAL	58
9.1	Manipulación y almacenamiento de los cables	58
9.1.1	Manipulación de las bobinas	58
9.1.2	Almacenamiento del cable	58
9.2	Instalación de los cables de acero	59
9.2.1	Control del cable nuevo	59
9.2.2	Inspección de las ranuras de las poleas (visual y dimensional)	60
9.2.3	Proceso de instalación del cable	61
9.2.4	Funcionamiento inicial tras el proceso de instalación	62
9.2.5	Instalación del cable con bobina multicapa	62
9.2.6	Importancia de la tensión preliminar de los cables con bobinado multicapa	63
10.	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	64
11.	USO DE CABLES MÉTRICOS EN GRÚAS EN SISTEMA INGLÉS Y DE CABLES EN SISTEMA INGLÉS EN GRÚAS MÉTRICAS	66
12.	CENTRO DE SERVICIOS VEROPE® Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	68
13.	VEROPE® EN TODO EL MUNDO	70

FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE LOS CABLES

1.1 TODO SOBRE EL "ALAMBRE"

→ Materia Prima

El material base con el cual se fabrican los cables es primordialmente acero al carbono con una pureza definida. El contenido de carbón se ubica entre 0,4% y 1,0%, el contenido de Manganeso entre 0,3% y 1,0% y el de Silicio entre 0,1% y 0,3%. Mientras que el contenido de Fósforo y Azufre es inferior al 0,45%.

→ Procesos de Fabricación

El alambre con un diámetro inicial de unos 6 mm a 9 mm se trabaja primero por conformación en caliente. A continuación, se le confiere la resistencia y el diámetro o la forma deseados mediante el estirado o el laminado por medio de un proceso de conformación en frío.

→ Superficie del Alambre

Los alambres galvanizados reciben un tratamiento superficial al pasar por un baño de zinc líquido. Si después de este tratamiento el alambre no se somete a un nuevo estiramiento, se denomina "galvanizado final". Si la sección transversal del alambre se reduce aún más después de la galvanización, el alambre se denomina "galvanizado xxxx" "drawn galvanized".

Los cables sin revestimiento son denominados con la letra U. Los cables con revestimiento de zinc se dividen en dos clases: con las letras A o B, dependiendo de la cantidad de zinc que contienen.

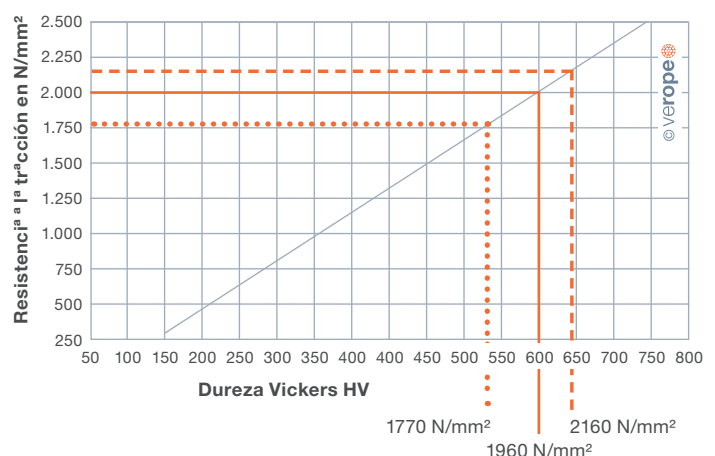
→ Formas / Perfiles del Alambre

Se hace distinción entre alambres conformados y perfilados. Un alambre perfilado es aquel con una sección transversal redonda, mientras que un alambre perfilado es cualquier otro con una sección transversal no redonda. Existen alambres ovalados, alambres planos, alambres de perfil Z y S, alambres con forma de H, trapezoidales y alambres triangulares.

→ Resistencia a la Tensión

La resistencia a la tracción de un cable se define como la fuerza de tracción que puede aplicarse en la dirección longitudinal del alambre, dividida por la sección transversal del mismo. La resistencia a la tracción nominal es un valor teórico, el valor real de la resistencia a la tracción no debe caer por debajo de este valor y sólo puede superarlo dentro de unos límites definidos. En los cables modernos se suelen utilizar torones con resistencias nominales de 1770 N/mm², 1960 N/mm² y 2160 N/mm².

→ Resistencia del Cable



→ Proceso de Trefilado verope®



Cables especiales de aceros excepcionales:

- Material de alta calidad
- Diseño y Tecnología de Vanguardia
- Experiencia en la producción y ensayos de Cables
- Desarrollo minucioso gracias al Dimensionado de los cables de acero por ordenador
- Producidos por los mayores fabricantes de productos de alambres del mundo con la maquinaria más moderna
- Gracias al trefilado propio de Kiswire, la materia prima es de una calidad inigualable
- Diseños únicos

1.2 TODO SOBRE LOS TORONES

Un torón está formado por una o varias capas de alambres, que se enrollan en forma helicoidal alrededor de un **inserto** (figura 1).

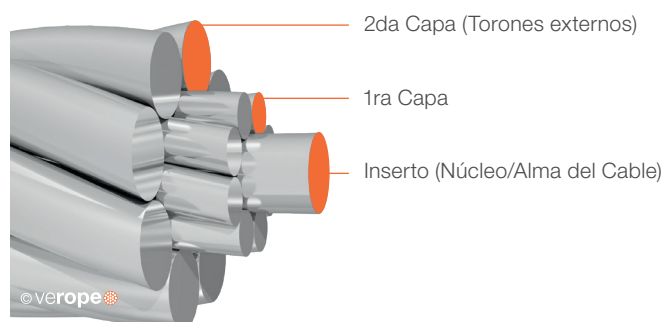


Figura 1: Estructura de un Torón

→ Longitud de paso de un Torón

La longitud de paso de un torón se entiende como el paso de los hilos tendidos helicoidalmente, es decir, la longitud del torón en la que el hilo da una vuelta completa.

Modificando las longitudes de paso se puede alterar el comportamiento mecánico del cable, las condiciones de contacto de los torones adyacentes, las propiedades elásticas y la resistencia a la rotura del torón y, por ende, del cable.



Figura 2: Dirección de paso izquierda

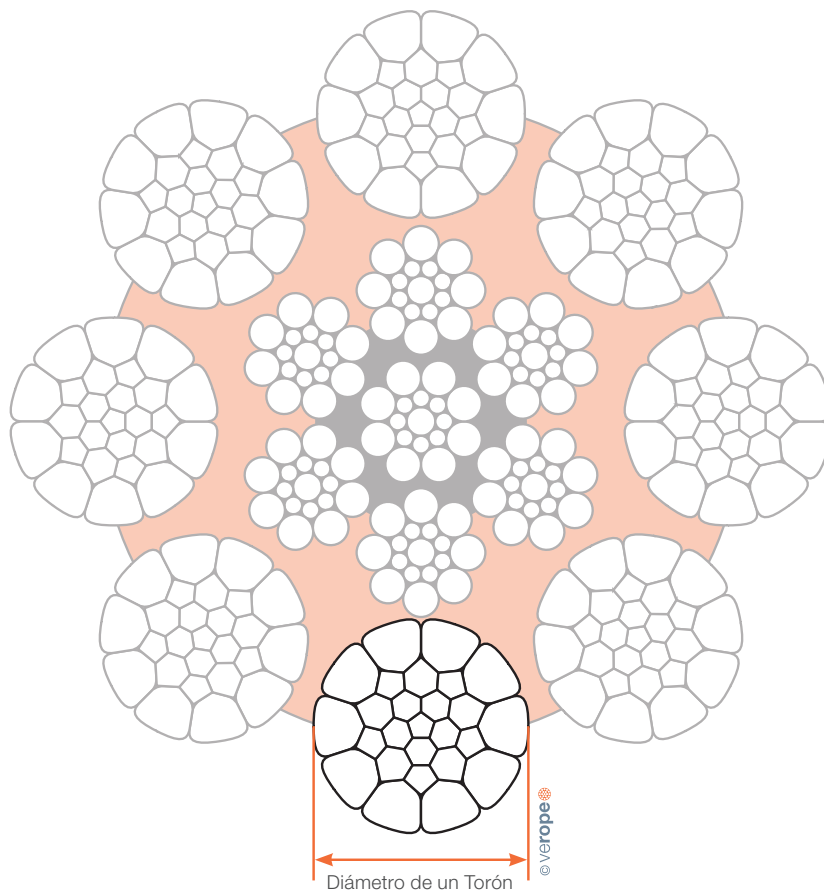


Figura 3: Dirección de paso derecha

→ Dirección de paso del Torón

Se hace distinción entre el sentido de la longitud de paso izquierdo y derecho. El sentido del paso es izquierdosi sus hilos (alejándose del observador) giran en sentido contrario a las agujas del reloj (Figura 2).

La dirección de paso es derecha cuando los torones están orientados en el sentido de las agujas del reloj (alejándose del observador) (Figura 3). El sentido de la longitud de paso suele indicarse con la letra minúscula **s** para un torón izquierdo y la letra minúscula **z** para uno derecho.

**Figura 4:** Diámetro de un Torón**→ Diámetro de un Torón**

El diámetro del cordón se define como el diámetro del círculo envolvente más pequeño que encierra todos los alambres que lo constituyen. El diámetro del cordón se suele medir con micrómetros y se especifica con una precisión de 1/100 mm. (Figura 4)

→ Diseño de un Torón

Por diseño de construcción de un cordón se entiende la disposición definida según la cual los torones están dispuestos unos respecto a otros. De esta manera, todos los cordones con un diseño tipo Seale tienen la estructura 1-n-n (con $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9...$) capas de torones, que se trenzan en paralelo en una sola operación.

Se entiende la ley de formación por el diseño de un cordón según el cual los hilos están dispuestos unos respecto a otros. Así, todos los cordones del diseño Seale tienen, por ejemplo, la construcción 1 - n - n (con $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) capas de hilos, que se trenzan en paralelo en una sola operación. De acuerdo con la norma EN 12385-3, éstas se conectan con un signo "-" en la designación

Por lo tanto, la designación de un cordón del tipo Seale 17 es 1 - 8 - 8, la designación de un cable del tipo Seale 19 es 1 -9 - 9 y así sucesivamente.

Los diseños de torones mas relevantes son de una, dos y tres capas de trenzado normal (**Figura 5**), así como también de trenzado paralelo de tipo Seale, Filler, Warrington y Warrington-Seale (**Figura 6 y 7**).

Los cordones estándar de dos y tres capas tienen entrecruzamientos entre los cordones de las diferentes capas (**Figura 5**). En este caso, las capas del torón se trenzan en operaciones separadas en la misma dirección (abreviatura N) con el mismo ángulo de trenzado, pero con diferentes longitudes de paso.

Los denominados torones paralelos (Seale, Filler, Warrington y Warrington-Seale) evitan los entrecruzamientos y, en su lugar, generan contactos lineales de los torones mediante el trenzado de todas las capas de alambres con diferentes ángulos de trenzado, pero con la misma longitud de paso (**Figura 6 y 7**).

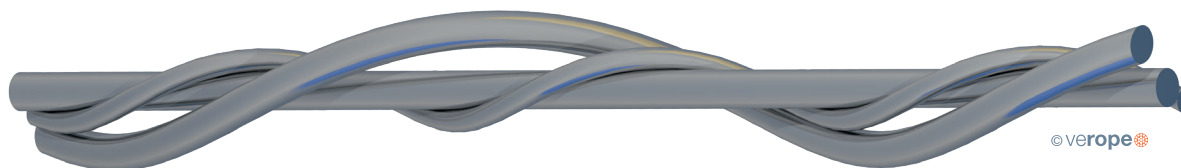


Figura 5: Torón estándar

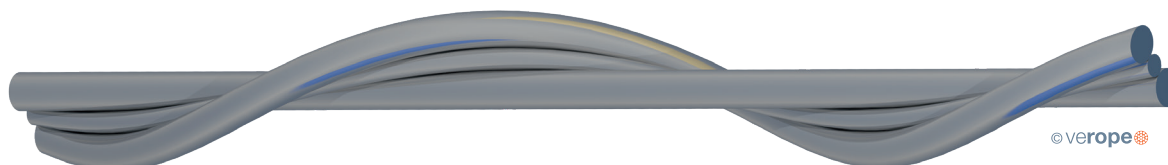
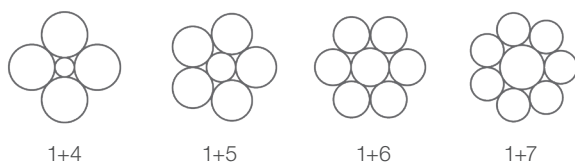
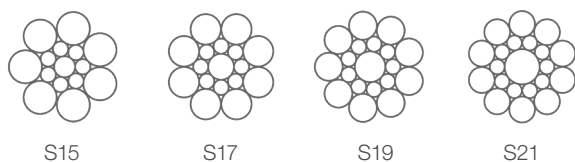


Figura 6: Torón paralelo

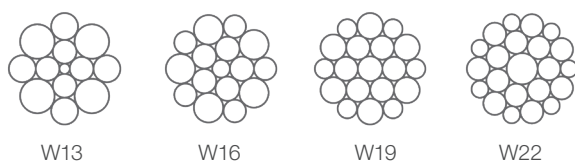
1+N



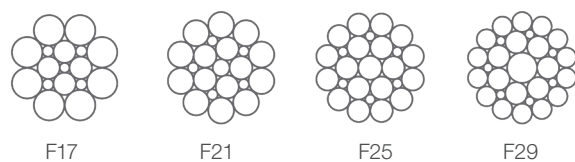
Seale



Warrington



Filler



Warrington-Seale

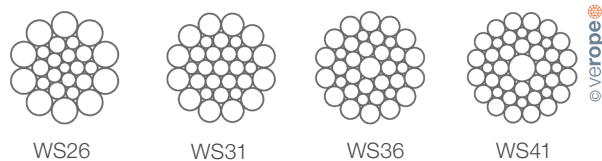


Figura 7: Diseño de Torones

→ Torones redondos compactados

Los torones redondos compactados se producen inicialmente de forma convencional a partir de alambres redondos trenzados sin torsión. Posteriormente se comprimen a un diámetro menor, ya sea en la misma operación o en una operación separada, por ejemplo, con la ayuda de matrices de estirado o rodillos. Por lo tanto, los alambres originalmente redondos se deforman fuertemente en la matriz de compresión y en los alambres adyacentes (**Figura 8**).

→ Factor de Llenado de un Torón

Se entiende como factor de llenado de un cordón el cociente de la sección metálica del cordón (según la definición simplificada: como la suma de las secciones individuales de los alambres), relacionado con el área del círculo más pequeño que rodea al cordón. El factor de llenado indica qué proporción del espacio ocupado por el cordón en el cable está llena de acero.

Los factores de llenado de los torones más comunes se ubican aproximadamente entre 0,70 y 0,82. Esto significa que el contenido de acero en el volumen del cable es de aproximadamente el 70% al 82%. Los factores de llenado de los torones pueden aumentar considerablemente mediante la compactación.

El factor de llenado de un torón generalmente aumenta con el incremento del número de alambres. Por ejemplo, un cable Seale 15 (1 - 7 - 7) tiene un factor de llenado de aproximadamente 0,77 y un cable trenzado Seale 19 (1 - 9 - 9) un factor de llenado de aproximadamente 0,79.

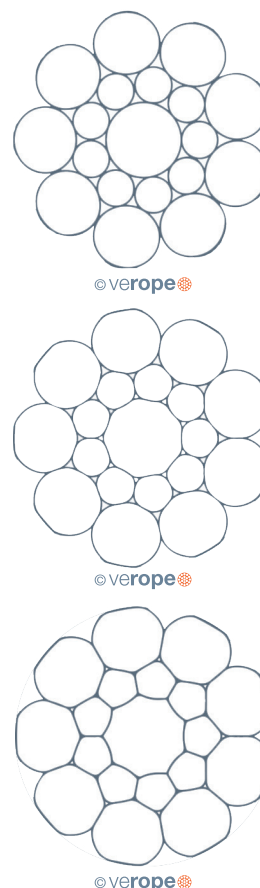


Figura 8: Cordones redondos sin compactar y compactados

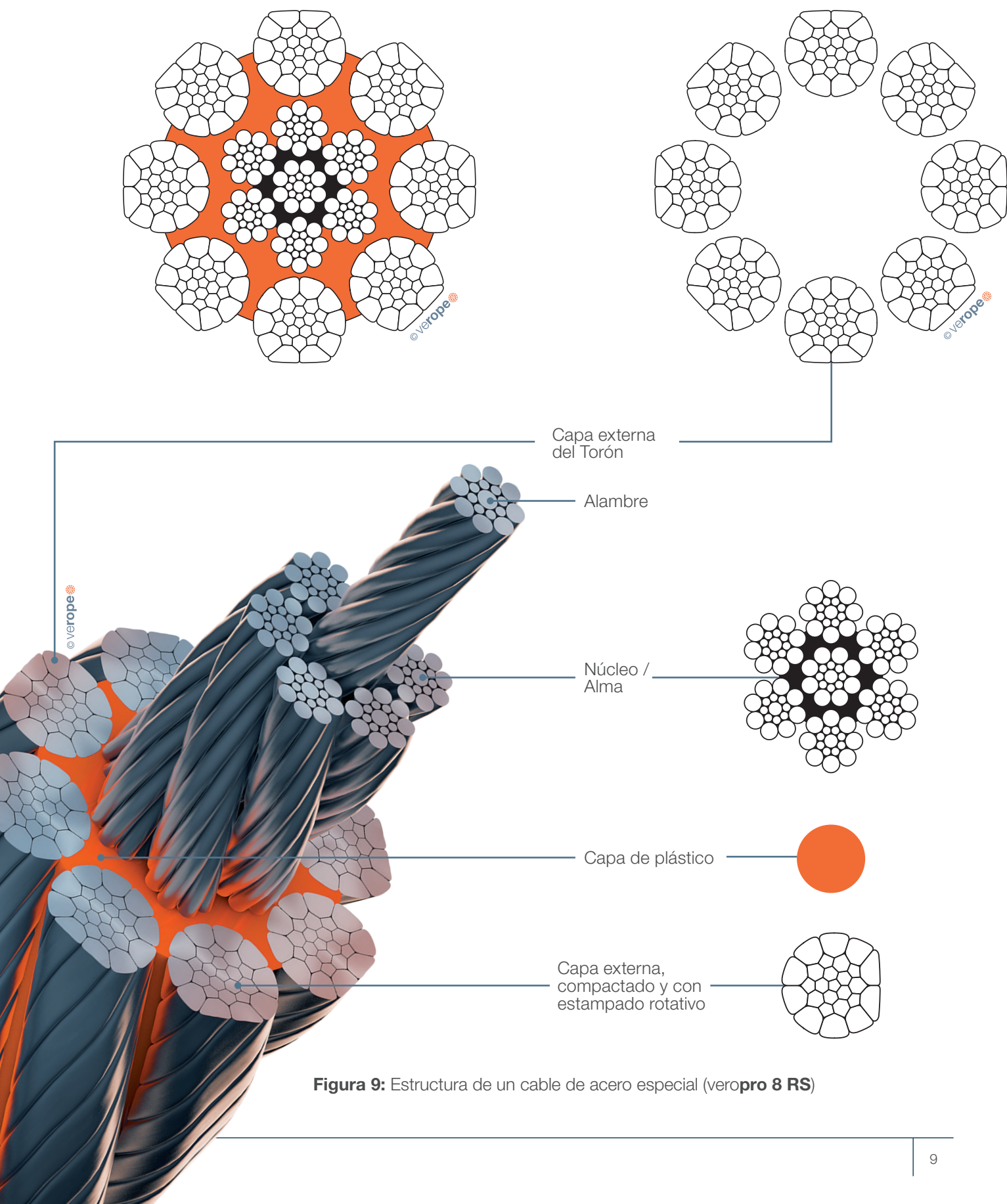


Figura 9: Estructura de un cable de acero especial (veropro 8 RS)

1.3 TODO SOBRE EL CABLE

→ Diámetro del cable

Se distingue entre el diámetro nominal del cable y el diámetro real del mismo.

El diámetro nominal del cable es un valor teórico definido para el diámetro del círculo más pequeño que encierra los cordones exteriores.

El diámetro efectivo del cable, también denominado diámetro real, es el diámetro del círculo más pequeño que encierra todos los torones externos, medido del propio cable. El rango de tolerancia del diámetro efectivo del cable se especifica en las normas nacionales e internacionales correspondientes. Según la norma EN 12385-4, está entre -0% y +5% (para diámetros nominales de cable $\geq 8\text{mm}$).

Esto significa que el diámetro efectivo del cable en el momento de la entrega no debe ser ni menor ni un 5% mayor que el diámetro nominal del cable.

El rango de tolerancia suele ser mayor para los cables más pequeños, como los de 3 mm a 7 mm de diámetro nominal.

En la industria del petróleo y el gas, que se basa fundamentalmente en la normativa estadounidense, se aplica un rango de tolerancia de -1% a +4%.

El diámetro efectivo del cable cambia en función de la carga aplicada. Por lo tanto, el diámetro efectivo de la cuerda debe medirse, en casos críticos, en una cuerda cargada con el 5% de la resistencia a la rotura calculada. verope® produce cables con tolerancias estándar de +2% a +4% y tolerancias especiales a petición.

→ Instrumentos de medición y su correcta aplicación

Para medir el diámetro efectivo correcto de la cuerda, hay que utilizar el dispositivo de medición adecuado. La medición debe realizarse estrictamente sobre los extremos redondos (círculo circunscrito de la cuerda). Si se mide en los valles de los torones, el resultado será inexacto. En el caso de cuerdas con un número desigual de torones exteriores, es importante que la superficie de medición abarque varios torones (Figura 10).

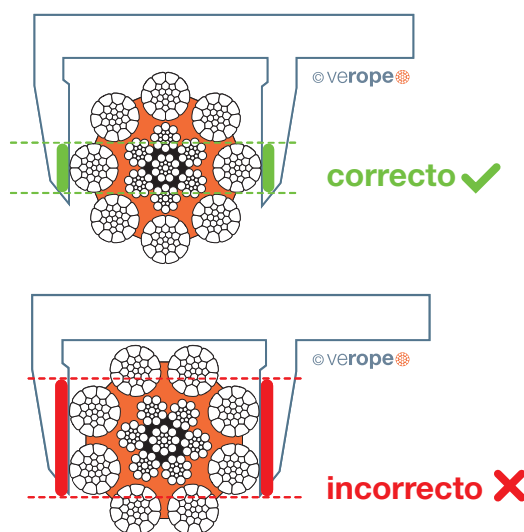


Figura 10: Determinación correcta del diámetro del Cable

→ Tipos de Dispositivos de Medición

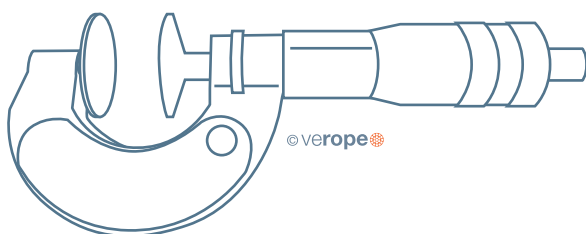


Figura 11: Micrometro con flancos amplios de medición

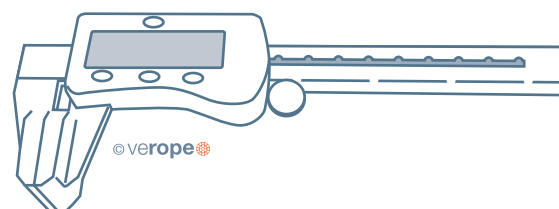


Figura 12: Caliper pequeño con flancos de medición amplios

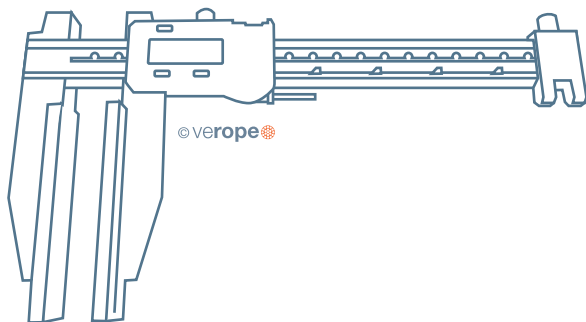
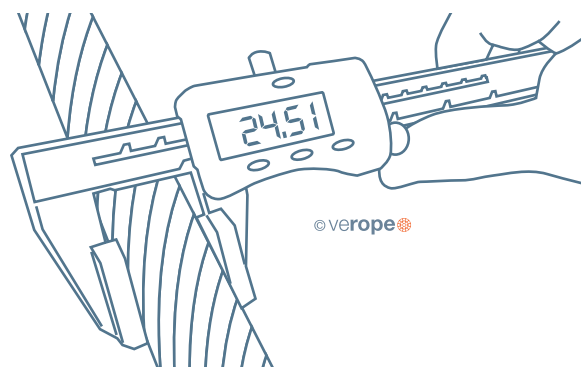


Figura 13: Caliper grande con flancos de medición amplios



→ Dirección de la longitud de paso de un cable

Se distingue entre los cables de paso a la derecha y a la izquierda.

La dirección de paso es a la izquierda, cuando los torones (que se alejan del observador) giran en sentido contrario a las agujas del reloj (**figura 14**). La dirección de tendido de un cable es a la derecha, cuando sus torones (que se alejan del observador) giran en el sentido de las agujas del reloj (**figura 15**).

El sentido de paso de un cable suele indicarse con una S mayúscula para el cable con paso a la izquierda y con una Z mayúscula con paso a la derecha. También es utilizado la designación RH (right hand) para la cuerda de la mano derecha y LH (left hand) para la cuerda de la mano izquierda.



Figura 14: Cable con dirección de paso izquierdo



Figura 15: Cable con dirección de paso derecho

→ Diseño del Cable

Por diseño de un cable metálico se entiende el principio de formación según el cual los elementos del cable metálico (los alambres y los torones) están dispuestos unos respecto a otros. La designación de un núcleo de fibra es FC, para un núcleo de cable de acero independiente es IWRC.

Por ejemplo, todos los cables redondos del tipo Warrington 6x19 con alma de fibra tienen la estructura 6 x [1-6-(6-6)] - FC.

→ Factor de Relleno del Cable

El factor de relleno de un cable se define como la relación entre la sección transversal metálica del cable (o un cálculo simplificado de la suma de las secciones transversales de los alambres individuales) en relación con el diámetro nominal del cable. El factor de relleno especifica la cantidad de espacio que ocupan los alambres y los torones en el cable (**figura 16**).

Los factores de relleno de los cables más comunes se ubican entre 0,46 y 0,75. Esto significa que la cantidad de acero en el volumen de la cuerda es de entre el 46% y el 75%. Los cables con alma de acero tienen factores de llenado más altos que los cables con alma de fibra.

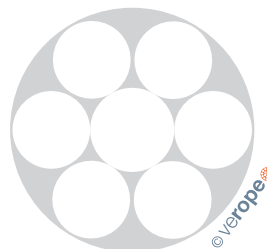
Un cable con diseño 6x25 Filler-FC, por ejemplo, tiene un factor de llenado de 0,50 y un cable con diseño 6x25 Filler-IWRC tiene un factor de relleno de 0,58.

Por lo general, los factores de relleno de los cables de acero con alma de fibra (FC) disminuyen al aumentar el número de torones exteriores. Un cable de diseño 6x25 Filler-FC tiene un factor de llenado de 0,50, un cable de diseño 8x25 Filler-FC tiene un factor de relleno de sólo 0,445.

A su vez, los factores de llenado de los cables con alma de acero aumentan al incrementar el número de torones exteriores. Un cable del diseño 6x25 Filler-IWRC tiene un factor de llenado de 0,58 y un cable del diseño 8x25 Filler-IWRC tiene un factor de llenado de 0,587.

Figure 16:

The fill factor of the strand is the proportion of the metallic cross sections (white surfaces) at the metall cross section area of the minimum circumscribed circle (white and grey surfaces).

**Figure 16:** Fill factor

Wire ropes that are made of compacted strands have higher fill factors than ropes of uncompacted strands. By compacting and rotary swaging of the rope itself the fill factor can further be increased.

→ Lay types of wire ropes

Two lay types are to be considered:
Regular or ordinary lay and lang's lay.

In regular lay ropes, the lay direction of the wires in the strands is opposite to the lay direction of the strands in the rope. We distinguish between right hand ordinary lay RHOL (right hand strand, left hand rope, zS) (**figure 17**) and left hand ordinary lay LHOL (left hand strand, right hand rope, sZ) (**figure 18**).

In lang's lay ropes, the lay direction of the wires in the strands is equal to the strands in the rope. We distinguish between left hand lang's lay LHLL (left hand strand, left hand rope, sS) (**figure 19**) and right hand lang's lay RHLL (right hand strand, right hand rope, zZ) (**figure 20**).

The advantages of regular lay ropes are:

- Better structural stability
- Higher number of broken wires are allowed
- Easier identification of broken wires

The advantages of lang's lay ropes are:

- Better contact in the groove of the sheaves
- Superior resistance to wear
- Longer lifetime in case of high dead loads
- Considerably better spooling behavior on a multi-layer drum

**Figure 17:**
Regular lay
left hand
(zS)**Figure 18:**
Regular lay
right hand
(sZ)**Figure 19:**
Lang's Lay
left hand
(sS)**Figure 20:**
Lang's Lay
right hand
(zZ)



→ Cables de baja tensión

En el proceso de trenzado, los alambres inicialmente rectos son forzados a adoptar una forma helicoidal o doble helicoidal. Por lo tanto, los alambres de un cable están siempre bajo tensión, incluso en un cable sin carga. Un cable de este tipo debe cerrarse herméticamente a la izquierda y a la derecha de la unión antes de cortarla, ya que, de lo contrario, los extremos libres de los alambres se abrirán.

Mediante el uso de una "herramienta de preformado", los alambres y los torones pueden ser altamente deformados plásticamente durante el trenzado, por lo que están dispuestos con muy poca tensión en el cable, el cual ahora está preformado. Los fabricantes de cables consideran que estos cables están "muertos". Los cables preformados pueden cortarse con mucha más facilidad, claro está, asegurados por medio de agarres, que los cables no preformados.

→ Tipos de Almas / Núcleos de cables (denominaciones abreviadas en relación según la norma EN 12385-2)

Normalmente, los cables de acero tienen un núcleo/alma de fibra (FC) o un núcleo de acero. El núcleo de acero puede ser un torón (WC) o un pequeño cable denominada núcleo de cable independiente (IWRC). El IWRC puede hacerse en una operación separada o durante la operación de cierre del cable de acero (PWRC).

El núcleo del cable puede poseer también un revestimiento de plástico (EPIWRC).

Los núcleos hechos de torones compactados tienen la designación adicional (K). Por lo tanto, un núcleo de alambre independiente hecho de torones compactados se denomina IWRC (K). Un cable cerrado en una sola operación y formado por cordones compactados tanto en el núcleo como en los cordones exteriores se denomina PWRC (K).

→ Cables semi resistentes a la rotación

Los cables de acero y su extremo libre giran en mayor o menor medida alrededor de su eje longitudinal bajo la influencia de la tensión. Los cables que tienen una disposición del sentido núcleo opuesta a la de los torones exteriores y los cables de 3 o 4 torones de paso regular giran mucho menos que los cables con la misma dirección de paso del núcleo y de los torones exteriores y los cables con alma de fibra.

Según la norma VDI 2358, un cable metálico es semi resistente a la rotación cuando "el cable metálico que gira alrededor de su eje longitudinal cuando se somete a una carga no guiada y/o apenas transmite un par de torsión a la fijación en el extremo en caso de extremos de cable guiados".

Según la norma ISO 21669 y la norma DIN EN 12385-3: "se considera que un cable es semi resistente a la rotación si gira al menos una y como máximo cuatro veces alrededor de su eje en una longitud de $1000 \times d$ bajo una carga del 20 % de la fuerza mínima de rotura".

En cuanto al ángulo de rotación, los límites definidos están entre 360° y 1440° .

→ Cables resistentes a la rotación

Según la normativa de la VDI 2358, un cable metálico es resistente a la rotación, cuando "el cable metálico, que apenas gira alrededor de su eje longitudinal cuando se somete a una carga no guiada y/o apenas transmite un par de torsión a la fijación en el extremo en caso de extremos de cable guiados".

Según la norma ISO 21669 y la norma DIN EN 12385-3: "se considera que un cable es resistente a la rotación si gira alrededor de su eje como máximo una vez en una longitud de $1000 \times d$ bajo una carga del 20 % de la fuerza de rotura mínima. La rotación puede presentarse aquí en el sentido de cierre o apertura de la cuerda.

Para el ángulo de rotación, esto implica entre -360° y 360° " (**figura 21**).

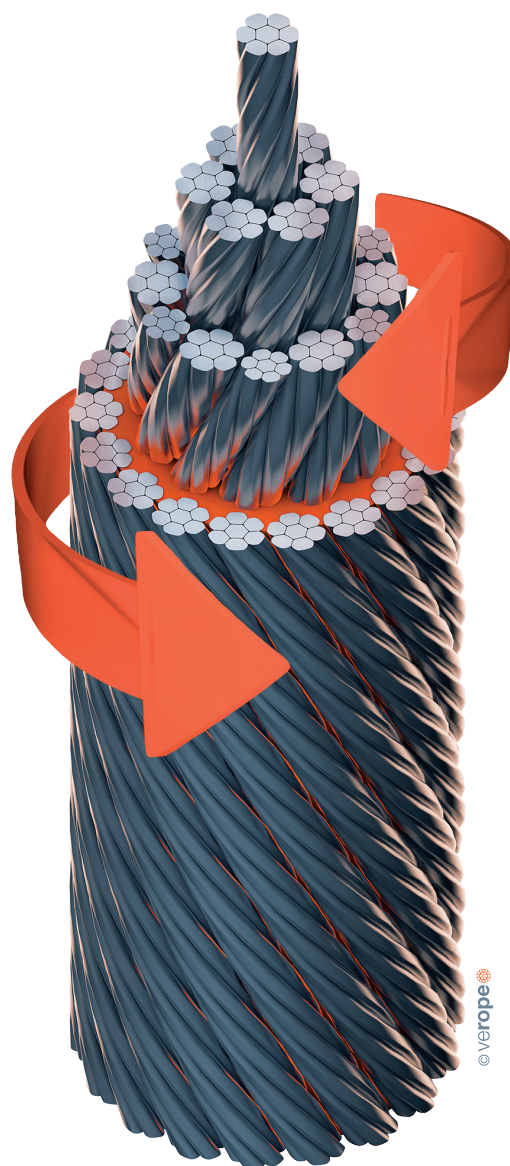


Figura 21: Cable resistente a la rotación verotop P: los pares de torsión del núcleo del cable y de la capa de torones exteriores, generados bajo carga, actúan en direcciones opuestas



→ Lubricantes para cables de acero especiales

El lubricante para cables debe cumplir dos funciones claves: proteger el cable de la corrosión y minimizar la fricción entre los propios elementos del cable y entre el cable y la polea o el tambor.

Una reducción de la fricción disminuye la **potencia de accionamiento** y minimiza el desgaste del cable, las poleas y los tambores.

Se diferencia los lubricantes a base de cera y los lubricantes a base de aceite.

Mientras que los lubricantes a base de cera ofrecen un mejor manejo de los cables, la ventaja de los lubricantes a base de aceite es una mejor penetración y formación de la película del lubricante en la superficie debido a la fuerza gravitacional del aceite.

La calidad del lubricante para cables metálicos tiene un gran impacto en la resistencia a la fatiga de un cable metálico (**figura 22**).

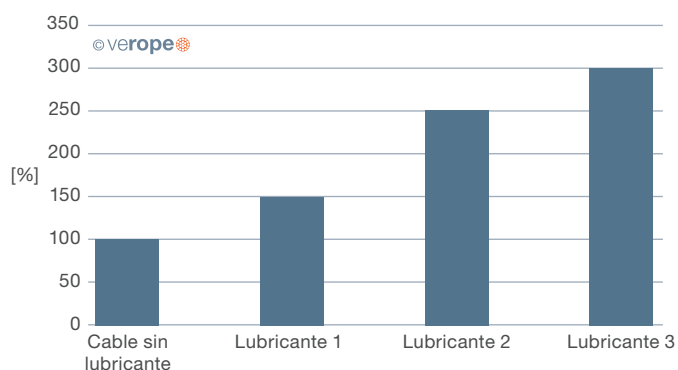


Figura 22: Impacto del lubricante en la resistencia a la fatiga del cable de acero

→ Relubricación

Por lo general, los cables de acero se lubrican intensamente durante el proceso de producción. Sin embargo, esta lubricación inicial debe ser renovada regularmente durante toda la vida útil del cable.

Una relubricación regular contribuye a aumentar la vida útil del cable (**figura 23**).

El lubricante utilizado para la relubricación debe ser compatible con el utilizado durante la producción.

Se aconseja seguir las instrucciones de mantenimiento de la norma ISO 4309.

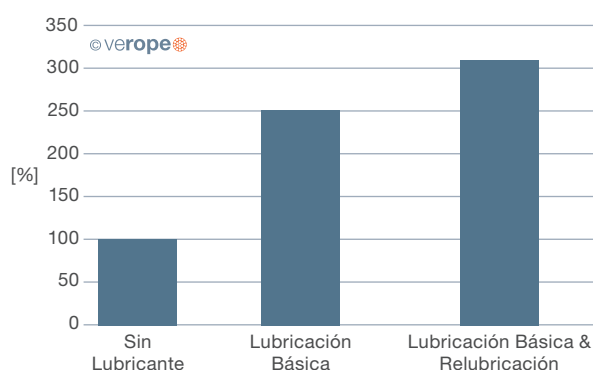


Figura 23: Influencia de la relubricación en la vida útil de un Cable

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE

2.1 RESISTENCIA A LA ROTURA

La resistencia a la rotura calculada o teórica de un cable de acero se define como la sección transversal metálica de un cable de acero (la suma de las secciones transversales individuales de todos los alambres que componen el cable) multiplicada por la resistencia a la tracción nominal del cable de acero.

La resistencia mínima a la rotura del cable de acero es la resistencia a la rotura calculada del cable multiplicada por el factor de giro (spin factor). La resistencia a la rotura real de un cable de acero es la resistencia a la rotura del cable determinada en una prueba de rotura. Un cable de acero nuevo debe

alcanzar una resistencia a la rotura real igual o superior a la resistencia a la rotura mínima.

La resistencia a la rotura de un cable de acero puede aumentarse incrementando la superficie metálica del cable (por ejemplo, utilizando torones con un mayor factor de relleno, compactando los torones o estampando el cable), aumentando la resistencia a la tracción de cada uno de los alambres o aumentando el factor de giro del cable. Esto también puede lograrse mejorando las condiciones de contacto entre los elementos del cable mediante el uso de un relleno de plástico.

2.2 RESISTENCIA A LA FATIGA POR FLEXIÓN

La resistencia a la fatiga por flexión de los cables de acero se define como el número de ciclos de flexión que un cable puede alcanzar en un ensayo de fatiga por flexión bajo parámetros definidos (por ejemplo, pasando por poleas con un diámetro definido y un tiro de línea predeterminado correspondiente al MBL del cable de acero). La resistencia a la fatiga por flexión del cable de acero aumenta con el incremento de la relación D/d (= diámetro de la polea (D): diámetro nominal del cable (d)) y con la reducción del tiro de la línea.

La resistencia a la fatiga por flexión de un cable de acero puede incrementarse aumentando el área de contacto entre el cable y la polea y aumentando las condiciones de contacto entre los elementos del cable, añadiendo una capa de plástico entre el IWRC y los torones exteriores. Debido a la mayor superficie de contacto entre los cables y las poleas y a la mayor flexibilidad, los cables de 8 cordones son más resistentes a la fatiga por flexión que los de 6 cordones de diseño similar.

2.3 FLEXIBILIDAD

La flexibilidad de un cable de acero suele aumentar con el incremento del número de hilos y alambres del cable. En la flexibilidad también influyen las longitudes de los cordones, del alma, así como los espacios entre los alambres y los torones.

Si un cable no es lo suficientemente flexible, se verá obligado a doblarse alrededor de una polea de un

diámetro determinado, lo que reducirá su vida útil por fatiga dada la flexión del cable.

También se verá obligado a doblarse alrededor de un tambor de un diámetro determinado. La consecuencia puede ser que se produzcan problemas de bobinado.



2.4 FACTOR DE EFICIENCIA

Al pasar por una polea, el cable pasa de estar recto a estar doblado en el momento en que entra en la polea y tiene que volver a pasar de estar doblado a estar recto cuando sale de la polea.

Igualmente, al girar en el cojinete, debe superarse las fuerzas de fricción entre el cable y en el rodamiento. Esto conduce a un cambio de la fuerza del cable en el sistema.

La relación de la fuerza del cable a ambos lados de la polea se describe como el factor de eficiencia y se acepta que este valor numérico también tiene en cuenta las pérdidas por fricción del rodamiento. Al medir el factor de eficiencia de un cable, se mide la pérdida de tracción de éste mientras pasa por la polea.

Para los cables de acero se suele suponer un factor de eficacia de 0,98, o bien una pérdida de fuerza del 2%.

2.5 RESISTENCIA AL DESGASTE

Los cambios por las fuerzas en el tiro de línea provocan cambios en la longitud del cable. Los tramos de cable que se encuentran en una polea o en las primeras vueltas de un tambor sólo pueden adaptarse al cambio de tracción de la línea deslizándose sobre la superficie de la ranura de la polea o del tambor cuando se produce el cambio de longitud.

Este movimiento relativo provocará abrasión (tanto en las ranuras como en el cable especial). El uso de menos alambres exteriores y, por tanto, más grandes, puede aumentar la resistencia al desgaste del cable. La presión entre la polea y el cable se puede minimizar gracias a la optimización de las áreas de contacto; por lo tanto, también se puede minimizar el desgaste del cable (figura 24a). La resistencia al desgaste también puede ser influenciada por la metalurgia de los torones exteriores.

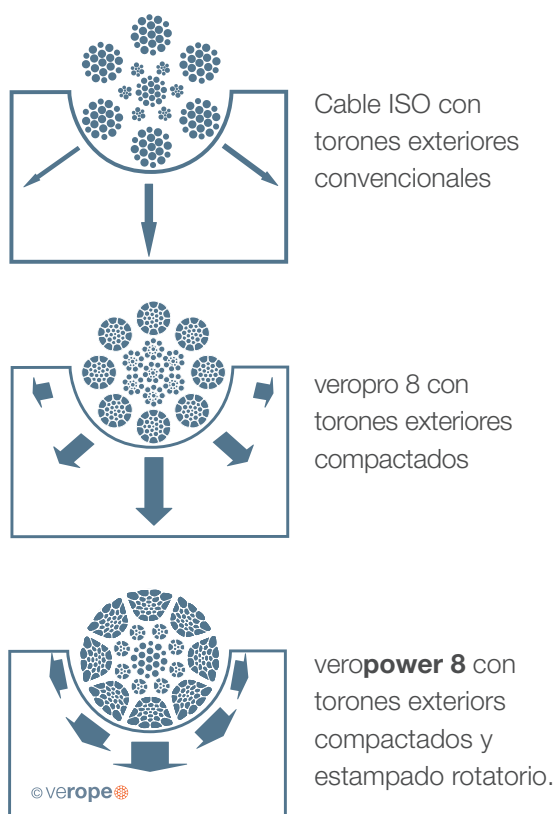


Figura 24a: Comparación de la resistencia al desgaste

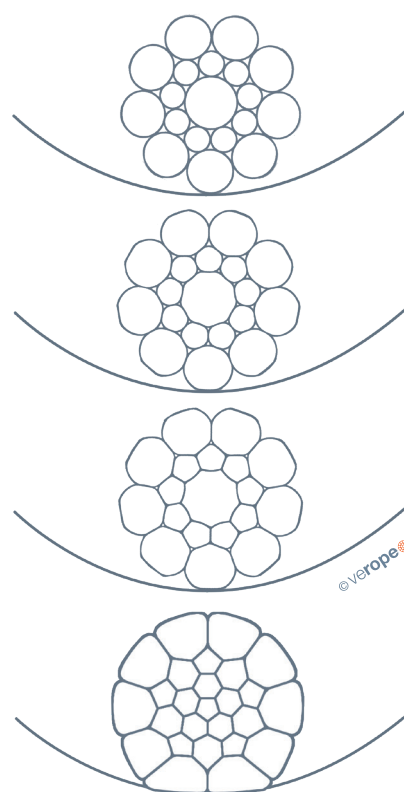


Figura 24b: Área de contacto del cable

2.6 COMPORTAMIENTO DE LA DEFORMACIÓN

→ Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de un material se define como el factor proporcional entre la fuerza y el elongamiento. El módulo de elasticidad es una propiedad del material.

Además de las propiedades elásticas del material del cable utilizado, el módulo de elasticidad depende también de la geometría del cable y del historial de carga del mismo. Dado que no se trata de una propiedad del material, la norma ISO 12076 recomienda llamar a este factor "módulo del cable".

La **figura 25** muestra un diagrama fuerza-elongación de un cable. Aquí el módulo de elasticidad puede determinarse como el gradiente de la curva en la zona lineal.

La **figura 26** muestra un diagrama fuerza-elongación de un torón. Como el torón se compone de varios alambres de diferentes longitudes y diferentes ángulos de tendido, aquí los elementos más cortos y menos elásticos se cargan primero. Por esta razón, la curva no es lineal en la zona inferior. El gráfico sólo se vuelve lineal cuando todos los alambres del cordón soportan la carga juntos.

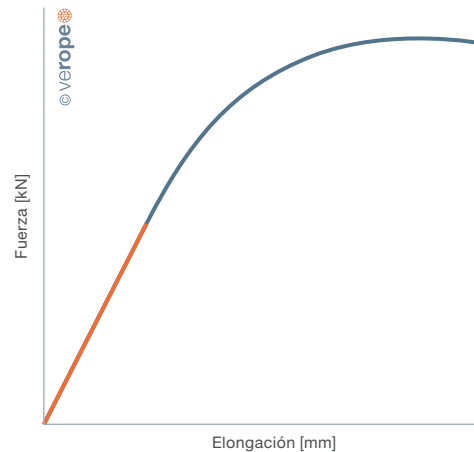


Figura 25: Gráfico de fuerza – elongación de un cable

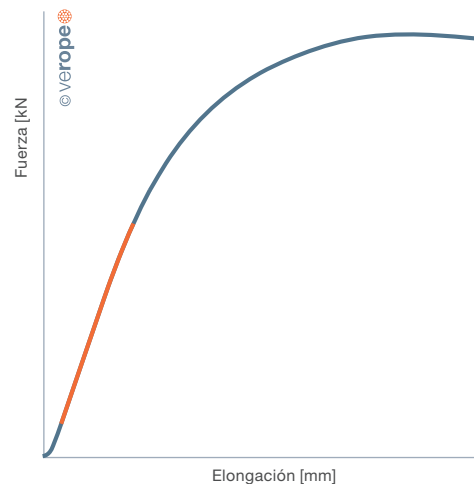


Figura 26: Gráfico de fuerza-elongación de un torón

La **figura 27** muestra el gráfico de fuerza y elongación de un cable. Aquí también se encuentra una correlación no lineal en la zona inferior entre la carga y el alargamiento. También en este caso la no linealidad puede explicarse por la sobrecarga de los elementos más cortos y menos elásticos de la cuerda. El diagrama carga-alargamiento es lineal en la zona en la que todos los elementos comparten la carga y se deforman plásticamente. Como consecuencia de los efectos de asentamiento, el módulo de elasticidad de los cables de

acero aumenta a lo largo de su vida útil. La mayor parte de este cambio se produce con la primera carga del cable.

Posteriormente, el módulo de elasticidad varía mínimamente. Por esta razón, un cable nuevo siempre debe cargarse y tensarse varias veces antes de medir el módulo de elasticidad. La determinación del módulo de elasticidad se describe en la norma ISO 12076.

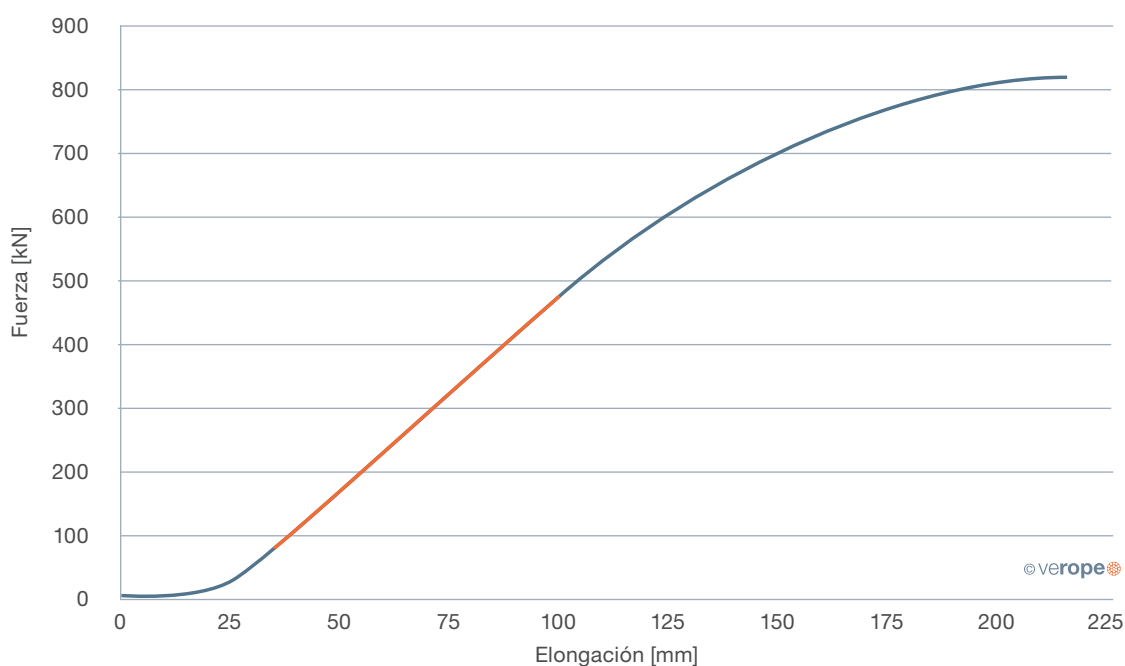


Figura 27: Gráfico Fuerza-Elongación de un cable

→ Estabilidad Radial

La estabilidad radial de un cable es una función de la geometría del cable y del tiro de la línea.

La estabilidad radial de un cable de acero suele reducirse al aumentar el número de elementos del cable. También aumentará con el incremento de la tracción de la línea. Los cables con una estabilidad radial insuficiente no son adecuados para el enrollamiento de varias capas en una bobina o tambor.

→ Estabilidad Estructural

Es esencial que una cuerda mantenga su estabilidad estructural durante su vida útil.

Añadir una capa de plástico entre el IWRC y los torones exteriores puede aumentar la estabilidad estructural del cable. El plástico fijará la posición de los elementos de la cuerda entre sí.

→ Reducción del diámetro de un cable de acero especial

Al aumentar la tracción a la cual es sometida el cable, éste no sólo se hace más largo, sino que también reduce su diámetro.

Una gran parte de esa reducción de diámetro es reversible, lo que significa que el diámetro del cable volverá a aumentar después de retirarse el esfuerzo. Sin embargo, una parte de la reducción de diámetro es permanente.

Si la reducción del diámetro de un cable de acero bajo carga es demasiado elevada, en el bobinado de varias capas el cable podría introducirse en las capas más profundas del tambor.

Por tanto, la reducción del diámetro de los cables de acero debe tenerse en cuenta al diseñar los cables para aplicaciones multicapa (**figura 28**).

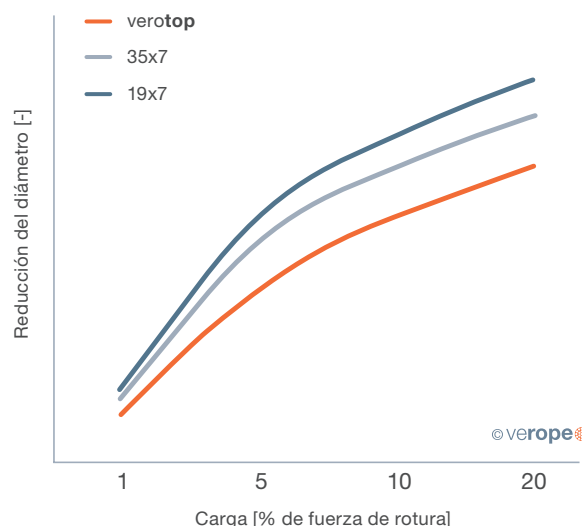


Figura 28: Reducción del diámetro bajo carga

¿POR QUÉ CABLES DE ACERO ESPECIALES?

Los cables convencionales a menudo no cumplen las elevadas exigencias de muchas aplicaciones de los cables de acero. Las mayores requerimiento en cuanto a vida útil, resistencia a la rotura, estabilidad rotacional, flexibilidad, estabilidad estructural y comportamiento de enrollad desenrollado sólo pueden cumplirse con cables especiales. Por estas razones, muchos ingenieros y usuarios finales recurren a los cables especiales verope®.

3.1 CAPA DE PLÁSTICO

Muchos productos verope® tienen una capa de plástico entre el alma de acero y los torones exteriores.

Esta capa intermedia mejora la estabilidad estructural del cable como un corsé flexible y aumenta la vida útil del mismo, especialmente en condiciones de trabajo adversas.

La capa intermedia de plástico evita la infiltración de agua y suciedad, lo que ayuda a evitar la corrosión en el alma de acero. Esta capa protectora evita los contactos cruzados internos entre el acero y limita los daños causados por este fenómeno (figura 29).

Las principales ventajas son:

- Prevención de las roturas internas de los cables
- Preservación del lubricante en el alma
- Evita la infiltración de agua, polvo, etc.
- Reducción de esfuerzos internos
- Mejora de la estabilidad de la forma
- Absorción de la energía dinámica
- Reducción del nivel de ruido durante el funcionamiento

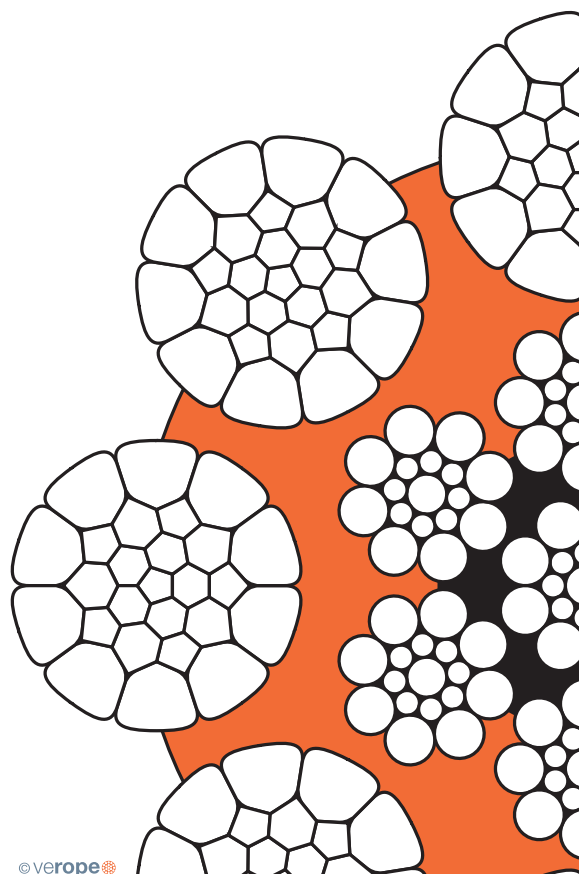


Figura 29: La capa de plástico (mostrada en naranja)

3.2 RESISTENCIA A LA ROTURA

Los cables especiales verope® están diseñados para conseguir altas cargas de rotura y una mejor relación resistencia/peso.

Los alambres de alta ductilidad estirados con tolerancias controladas se trenzan y se cierran en un cable construido con una separación optimizada entre los elementos individuales del cable. Los productos verope® logran un mayor factor de relleno mediante el uso de torones compactados, así como el martillado rotativo en su método de construcción del cable. Los elementos paralelos en la composición del cable aumentan la sección metálica.

Los diseñadores de grúas aprovechan las ventajas técnicas que ofrecen los fabricantes de cables para reducir las dimensiones del tambor y de la polea manteniendo las relaciones D/d recomendadas. El coste del material y el efecto de ahorro de peso en el diseño estático de los elementos de la grúa es sustancial.

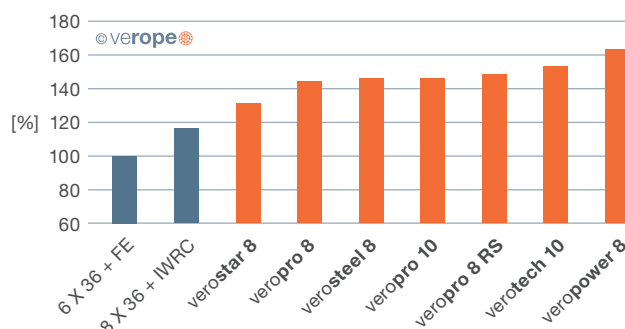


Figura 30:

Resistencia a la rotura de los cables no-antigiratorios.

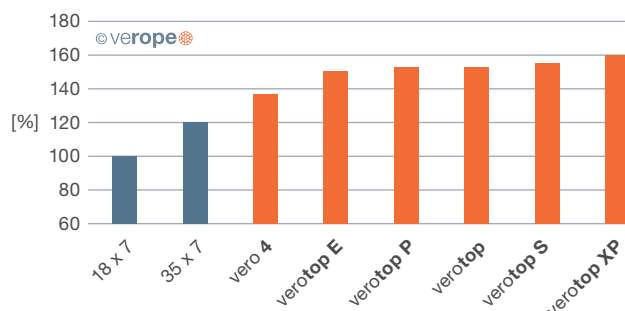


Figura 31:

Resistencia a la rotura de los cables antigiratorios.

→ Resistencia a la rotura y uso del pivote

La resistencia mínima a la rotura indicada en los catálogos es válida para los cables cuyos extremos están protegidos contra la torsión (movimiento libre/giratorio). Las resistencias a la rotura de los cables no resistentes a la rotación se reducen significativamente por el uso de un pivote. Aunque el cable no falle inmediatamente bajo la carga nominal, varios elementos del cable, ahora sobrecargados, se cargarán de forma desproporcionada. Además, los cambios estructurales, como la deformación denominada cesta, podrían aparecer muy rápidamente. Por lo tanto, las cuerdas no resistentes a la rotación no deberían utilizarse con un eslabón giratorio.

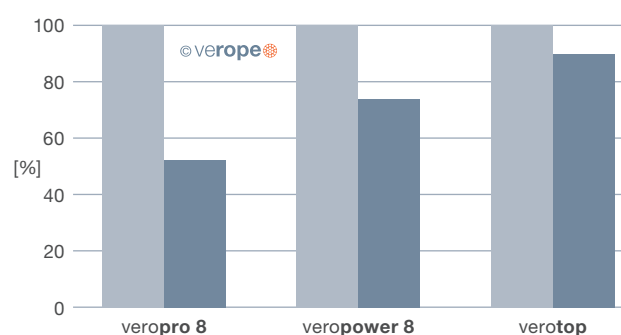


Figura 32: Resistencia a la rotura de una cuerda con y sin pivote giratorio

3.3 FATIGA POR FLEXIÓN Y VIDA ÚTIL DEL CABLE

verope® opera las dos primeras máquinas del mundo de ensayo a fatiga por flexión, construidas según un concepto revolucionario.

El cable de acero se instala en la máquina de ensayo, se pone y se somete a tensión, y luego el cable se desplaza de un lado a otro sobre cinco poleas de prueba hasta que finalmente se rompe en el centro. Gracias a la inclinación de dos de las poleas, no hay ángulo de esvía en el sistema.

Sólo entonces comienza el análisis del cable: A la izquierda y a la derecha de la sección rota, que durante el ensayo ha pasado por cinco poleas, la máquina tiene secciones de cable que sólo pasan por cuatro poleas y no llegan a la quinta. Independientemente de cuál sea el número de ciclos hasta el fallo, estas secciones siempre habrán hecho el 80% de este número de ciclos.

Estos tramos, y los demás tramos que han recorrido 3, 2, 1 y 0 poleas solamente y que representarán el estado del cable después de 60%, 40%, 20% y 0% de la vida útil del cable se recortan para el análisis (**figura 35**).

Una de las dos secciones de cada condición se utiliza para determinar el número de roturas externas de alambre y los cambios en el diámetro y la longitud del paso. A continuación, se separa la sección para determinar también el número de hilos rotos internos en la parte inferior de los torones exteriores, en el exterior e interior del IWRC y en los torones individuales, así como los cambios en el IWRC y en los diámetros y longitudes de los torones.

De este modo, las secciones le dirán cómo se desarrollan los hilos rotos externos a lo largo de la vida útil del cable, cómo se desarrollan los hilos rotos internos con el tiempo, cómo se ve el relleno de plástico en diferentes etapas de la vida del cable y qué elementos comienzan a deteriorarse primero. Estos resultados pueden ayudar a verope® a mejorar el diseño del producto de un nuevo cable tras un único ensayo.

Las secciones comparables del 80%, 60%, 40%, 20% y 0% del otro lado de la rotura se someten a pruebas de tracción hasta la destrucción.

De este modo, verope® puede determinar cómo la resistencia de este diseño de cable, su módulo de elasticidad y su alargamiento en la rotura se desarrollan a lo largo de la vida útil del cable. Un cable de acero debe tener una resistencia a la rotura igual o superior a la de un cable nuevo hasta que alcance el número de hilos rotos como criterio de descarte (**figura 34**).

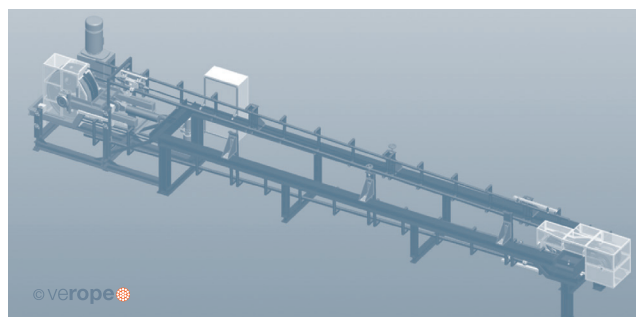


Figura 33: Máquina de fatiga por flexión

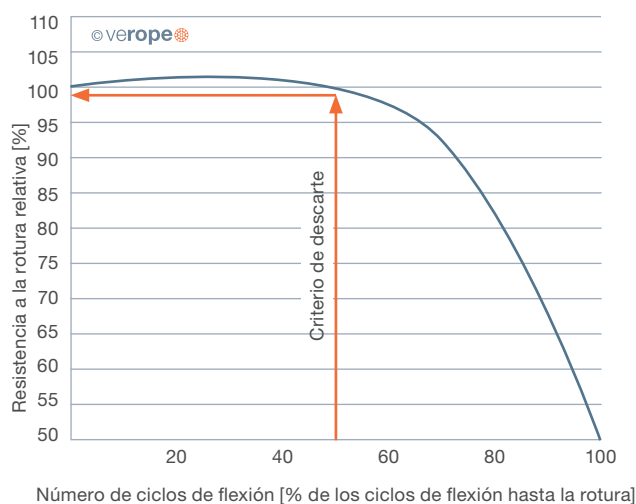


Figura 34: Resistencia a la rotura del cable en % de la resistencia a la rotura de un cable nuevo en función de la vida útil hasta la rotura. Un cable de acero debe tener una resistencia a la rotura igual o superior a la de un cable nuevo hasta que alcance el número de hilos rotos como criterio de descarte.

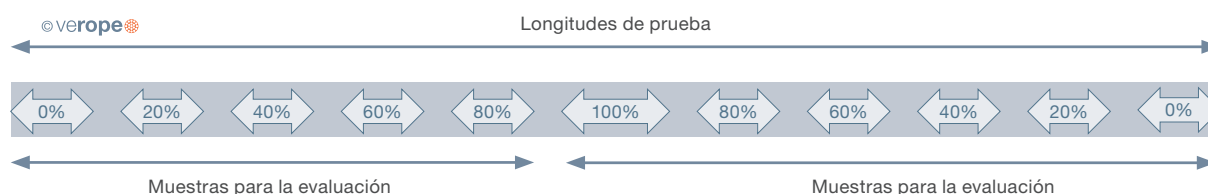


Figura 35: Muestreo para análisis

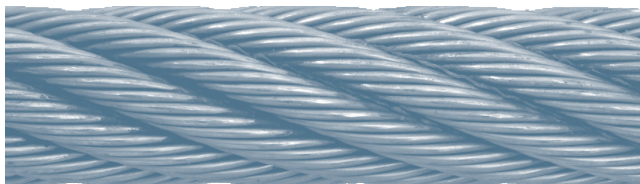


Figura 36: Estado al 0% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura

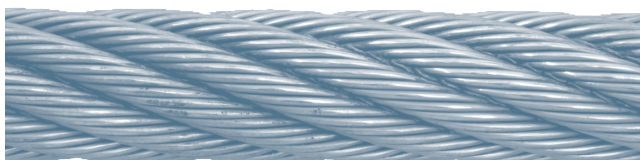


Figura 37: Estado al 20% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura



Figura 38: Estado al 40% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura

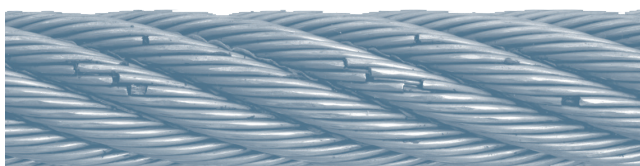


Figura 39: Estado al 60% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura



Figura 40: Estado al 80% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura

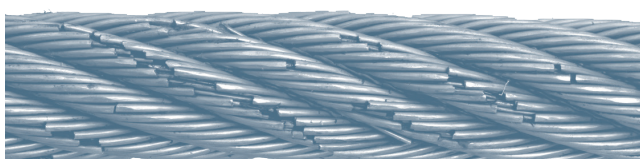


Figura 41: Estado al 100% del ciclo de flexión hasta el punto de rotura

© verope

Debido al análisis detallado de las diversas secciones de trabajo, se puede evaluar con gran precisión la evolución de los hilos rotos externos a lo largo de su vida útil (**figura 42**).

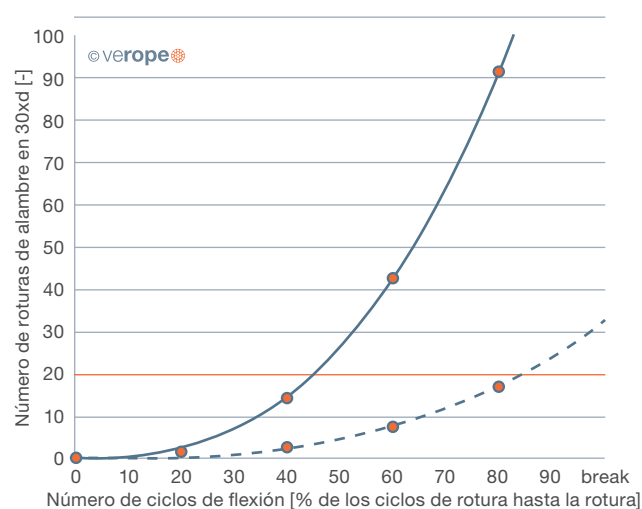


Figura 42: Número de hilos rotos visibles (línea continua) y no visibles (línea de trazos) en función de la vida útil del cable. Tras la finalización del ensayo de fatiga por flexión, el análisis de las secciones del cable con los diferentes números de fatiga muestra los números marcados de hilos rotos.

Desmontando las piezas del cable, se pueden evaluar los hilos internos rotos en función de la vida útil (**figura 43**).

La construcción veropro 8 (como muchos otros cables no-antigiratorios) muestra un mayor número de hilos rotos visibles que de hilos rotos internos (invisibles).

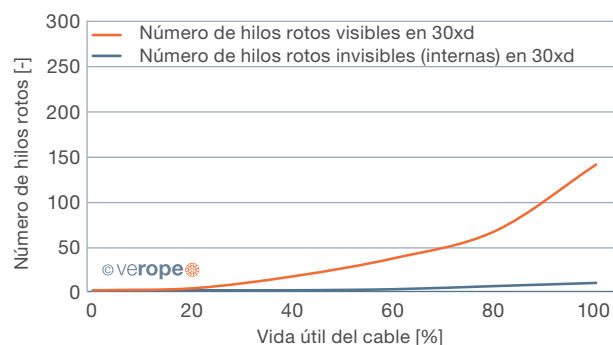


Figura 43: Evolución de los hilos rotos visibles en la superficie del cable y de los hilos rotos en el interior del cable que son visibles desde el exterior

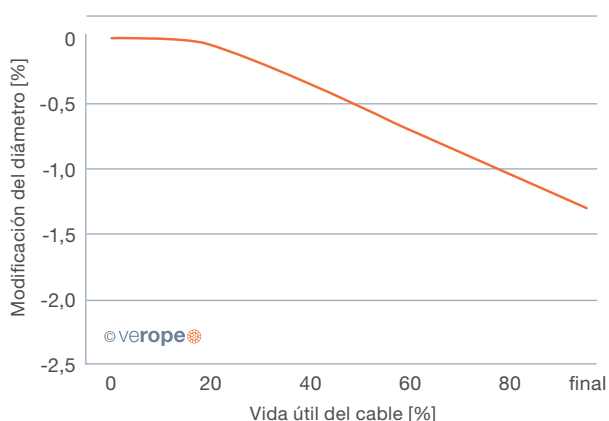


Figura 44: Modificación del diámetro del cable en el ensayo de fatiga por flexión

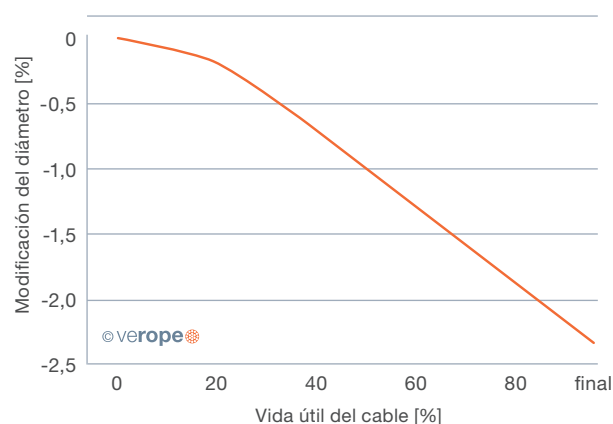


Figura 45: Modificación del diámetro del alma del cable de acero en el ensayo de fatiga por flexión

Los ensayos de fatiga por flexión se realizan normalmente hasta la rotura del cable o de un torón. El punto exacto de descarte puede determinarse evaluando las secciones individuales del cable. Esto da como resultado el llamado "tiempo de vida restante" (tiempo de vida entre el descarte y la rotura) (figura 46).

La figura 47 muestra una comparación del número de ciclos de flexión hasta el descarte (según ISO 4309) y hasta la rotura de los cables no-antigrifatorios, en las mismas condiciones de ensayo.

La figura 48 muestra una comparación del número de ciclos de flexión hasta el descarte (según la norma ISO 4309) y hasta la rotura de los cables antigrifatorios, en las mismas condiciones de ensayo. same test conditions.

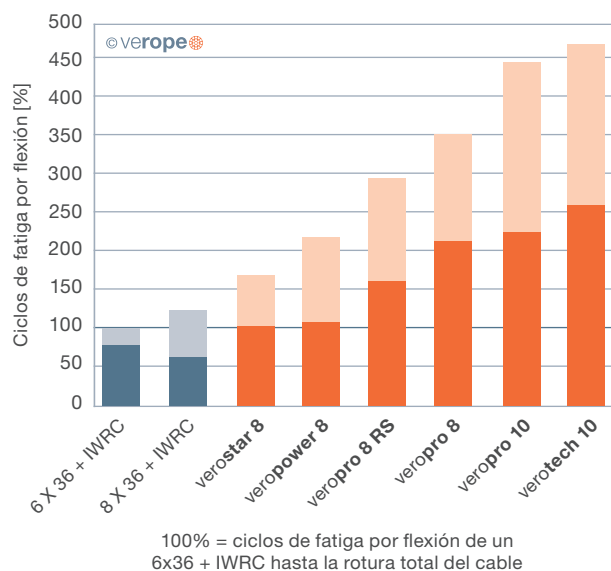


Figura 47: Número de ciclos de flexión hasta el descarte y hasta la rotura (cables no-antigrifatorios, misma carga)

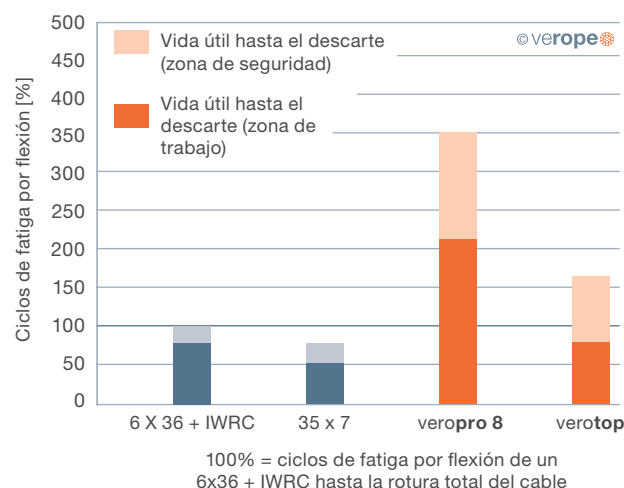


Figura 46: Número de ciclos de flexión hasta el descarte y hasta la rotura

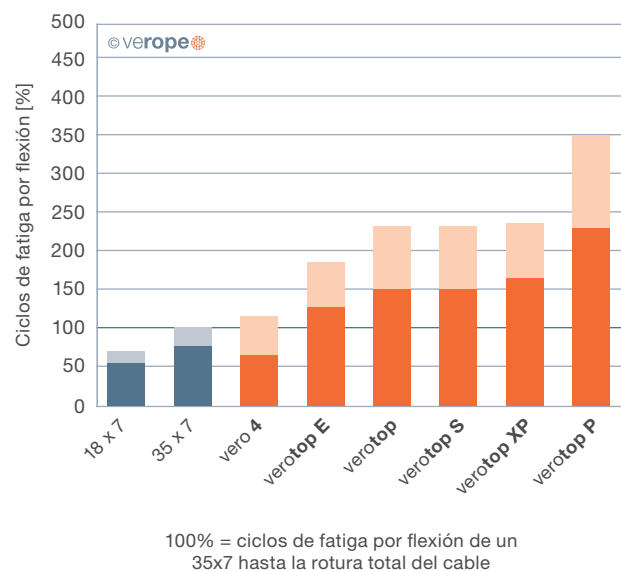


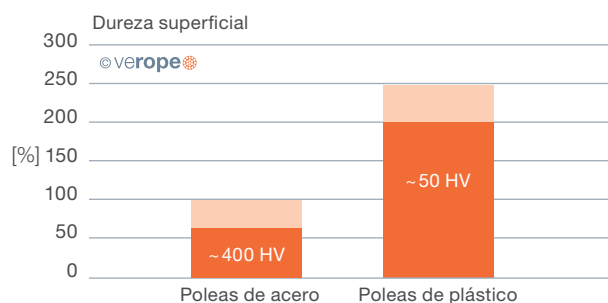
Figure 48: Número de ciclos de flexión hasta el descarte y hasta la rotura (cables antigrifatorios, misma carga)

→ Fatiga por flexión cuando se utilizan poleas de acero o de plástico

La vida útil de un cable está significativamente influenciada por el material de la polea. Con el uso de poleas de plástico, la fatiga por flexión aumenta claramente en comparación con el uso de poleas de acero. El tiempo de vida restante del cable después de alcanzar los criterios de descarte hasta la rotura del cable es, con respecto a los ciclos de flexión, más o menos el mismo, sin embargo, disminuye significativamente en porcentaje. Por lo tanto, la inspección del cable debe llevarse a cabo con especial cuidado cuando se utilizan poleas de plástico. verope® recomienda poleas de plástico, por lo tanto, sólo en aplicaciones en las que los cables se analizan con revisión magneto-inductiva o en las que el cable se daña principalmente en el exterior, como en el caso de las bobinas multicapa (**figura 49**).

→ Fatiga por flexión de cables no galvanizados y galvanizados

Una comparación de la fatiga por flexión de los cables no galvanizados y galvanizados hasta el cumplimiento de los criterios de descarte según la norma ISO 4309 y hasta la rotura del cable muestra que los cables galvanizados suelen alcanzar más ciclos de flexión. El revestimiento de zinc ofrece mejores "características de operación de emergencia" cuando el cable ya no está lubricado y protege el cable del desgaste mecánico y la corrosión resultante (**figura 50**).



HV = Dureza Vickers HB = Dureza Brinell HRC = Dureza Rockwell

Figura 49: Influencia del material de la polea en la vida útil del cable y conversión de las distintas unidades de dureza

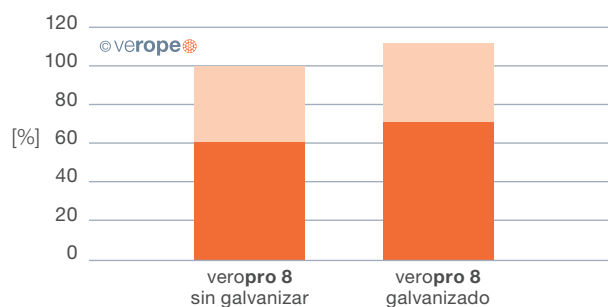


Figura 50: Comparación de la fatiga por flexión de cables sin galvanizar y galvanizados

→ Fatiga por flexión en función del diámetro de la ranura

Según la norma ISO 16625, la ranura de una polea debe tener un diámetro entre un 5% y un 10% mayor que el diámetro del cable. Durante el tiempo de funcionamiento, el diámetro del cable disminuirá. Con esta disminución del diámetro, el cable se introducirá en la ranura de la polea y reducirá el diámetro de la ranura. Por lo tanto, en la instalación del cable se debe considerar que el diámetro de la ranura de la polea es al menos un 1% mayor que el diámetro del cable medido.

Una polea con un diámetro de ranura demasiado grande no puede soportar bien el cable y conduce a un aumento de la presión superficial (entre la polea y el cable). En consecuencia, la vida útil del cable disminuye constantemente con el aumento del diámetro de la ranura. Si el diámetro de la ranura es demasiado pequeño, el cable se estruja y la vida útil disminuye extremadamente.

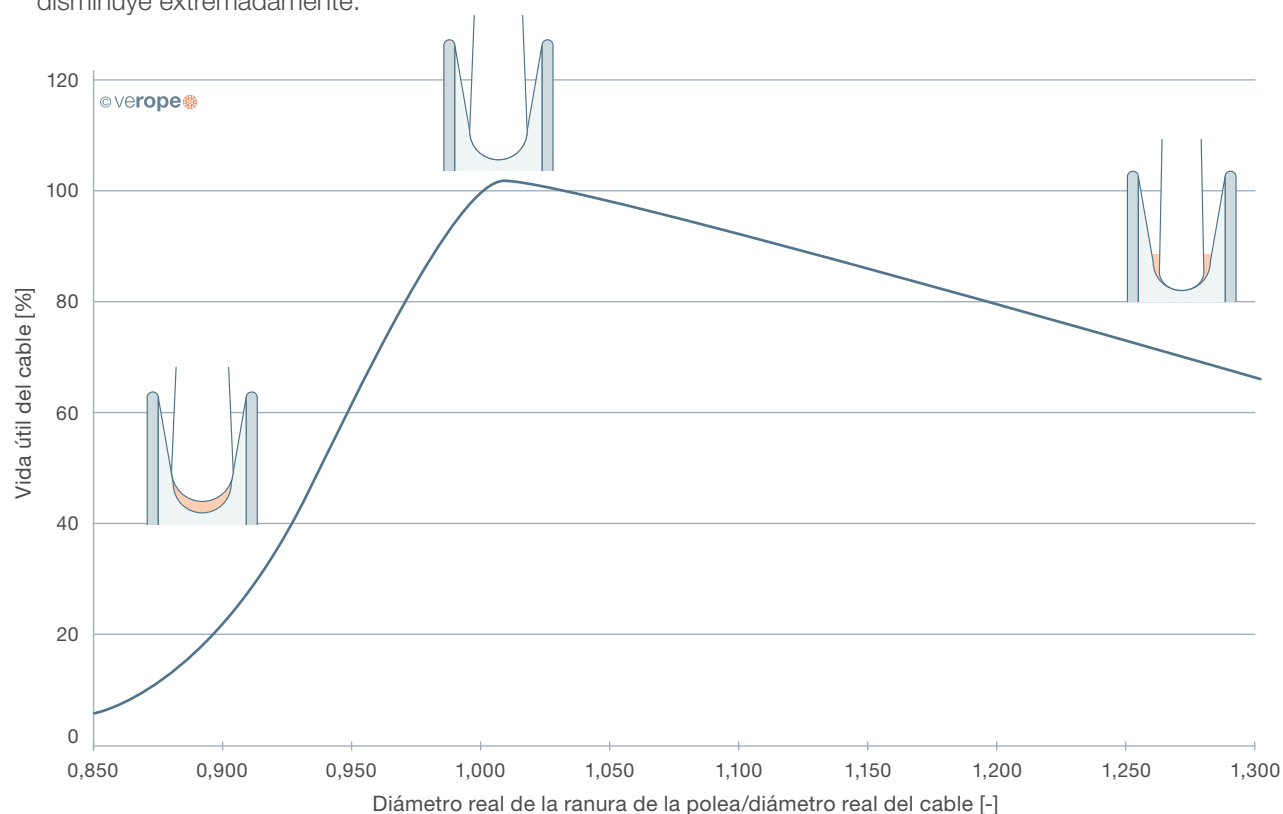
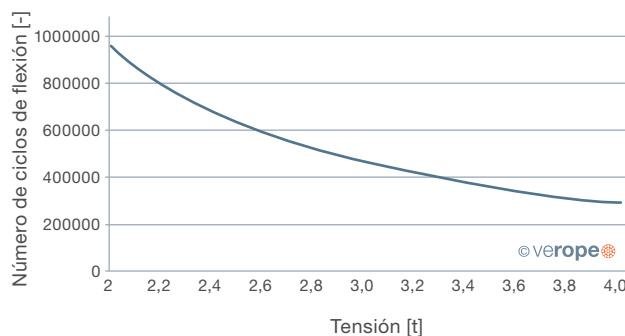


Figura 51: Influencia del diámetro de la ranura en la vida útil del cable (véase también la página 60)

→ Fatiga por flexión en función de la tensión

La tensión que aparece tiene un impacto considerable en la fatiga por flexión.

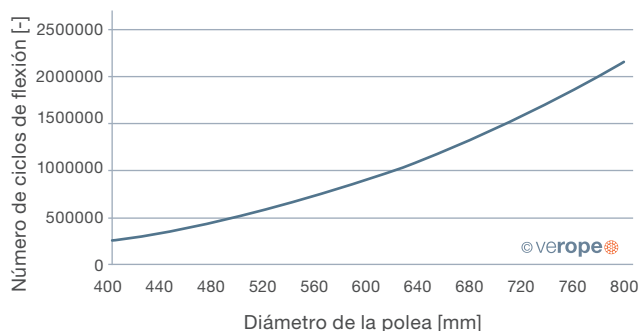
Mientras que, por ejemplo, se pueden alcanzar 950 000 ciclos de flexión con una tensión de 2t, sólo se alcanzan 290 000 ciclos de flexión con una tensión de 4t (**figura 52**).

**Figura 52:**

Influencia de la tensión en la vida útil del cable

→ Fatiga por flexión en función del diámetro de la polea

Los diámetros de las poleas, así como los diámetros de los tambores tienen un gran impacto en la vida útil de un cable. En el ejemplo mostrado, un cable que circula sobre una polea con un diámetro de 800 mm alcanza más de 2.000.000 de ciclos de flexión, el desempeño en la condición de flexión se reduce cuando disminuye el diámetro de la polea a la mitad, 400mm, a 290.000 ciclos de flexión (**figura 53**).

**Figura 53:**

Influencia del diámetro de la polea en la vida útil del cable

3.4 COMPORTAMIENTO DE LAS DEFORMACIONES

En muchas aplicaciones el conocimiento exacto del comportamiento de la deformación de los cables es de gran importancia.

verope® ha investigado en muchos ensayos intensivos el módulo de elasticidad (longitudinal y transversal) la deformación elástica y plástica, así como la reducción del diámetro de sus productos. Muchos parámetros técnicos del cable pueden determinarse mediante la creación de un diagrama carga-alargamiento (figura 54).

verope® carga y descarga los cables por pasos y determina el alargamiento bajo carga, así como el alargamiento restante después de la descarga.

El módulo de elasticidad se determina a partir del gradiente del área lineal de las curvas de carga. Al mismo tiempo, se mide la reducción del diámetro en función de la carga.

Para poder determinar también la resistencia a la rotura y el alargamiento a la rotura, los cables se cargan hasta la rotura.

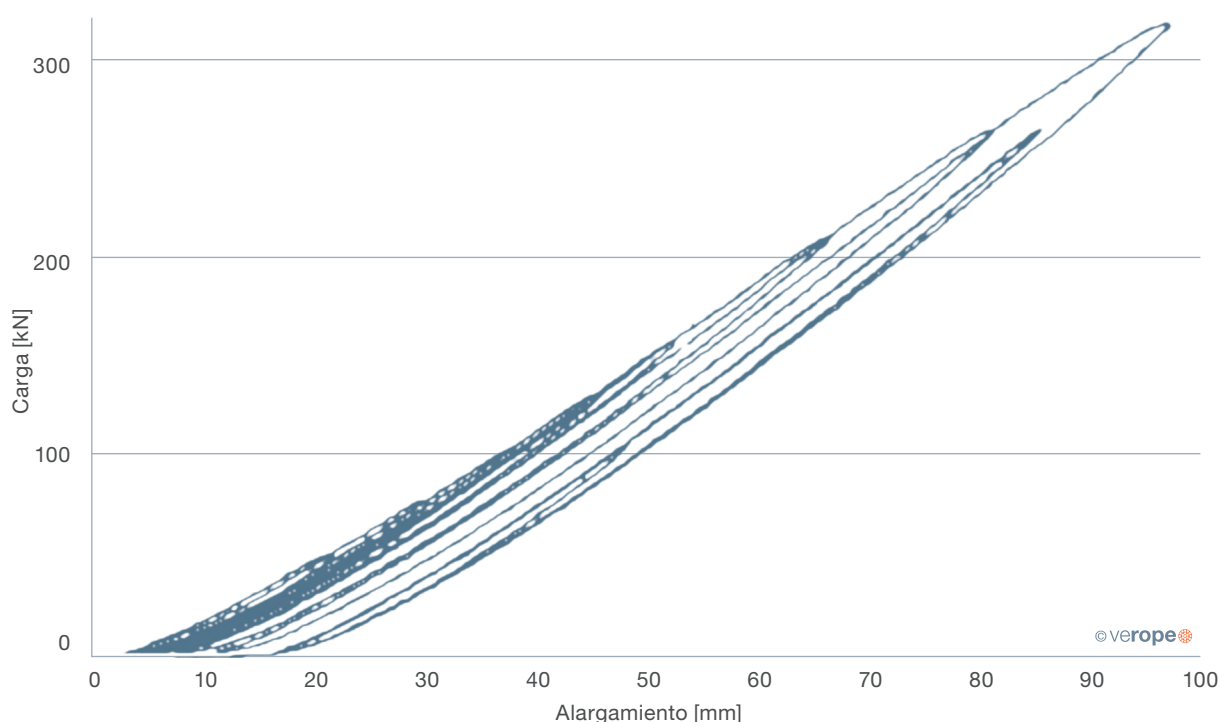


Figura 54: Diagrama carga-alargamiento de un cable especial verope® para determinar el módulo de elasticidad

→ Módulo de elasticidad

Dentro de una construcción de cable, el módulo de elasticidad varía ligeramente en función del diámetro del cable, del tipo de paso (Lang o regular) y de la resistencia a la tracción del cable (figura 55). Por regla general, el módulo de elasticidad de los cables metálicos aumenta a lo largo de su vida útil.

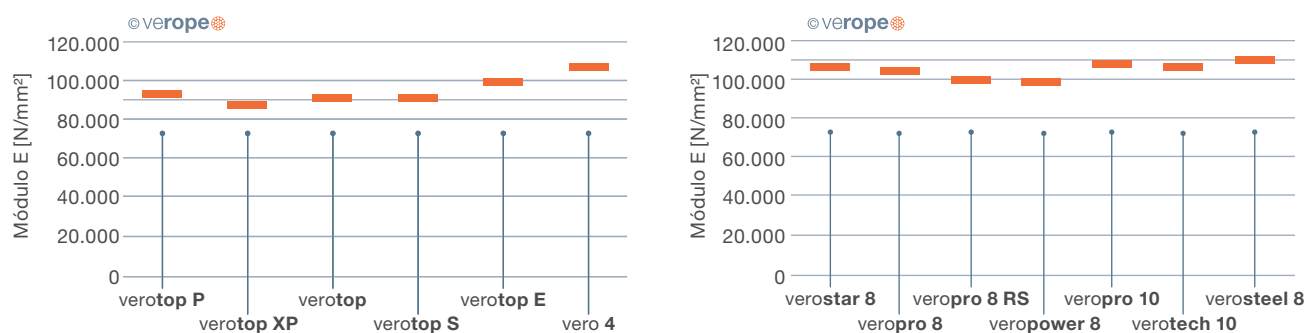


Figura 55: Cables antigiratorios con módulo E

→ Alargamiento

Especialmente en el caso de los cables de suspensión, pero también en el de los cables de tracción, es importante conocer con exactitud el alargamiento del cable bajo carga y el alargamiento restante del cable después de la carga. verope® ha medido estos valores relevantes para todos sus productos con gran preci-

sión en ensayos de gran longitud. A continuación, encontrará los valores medidos de construcciones típicas de cables verope®. Nos complace proporcionarle los resultados de otras construcciones de cable verope® para su interpretación.

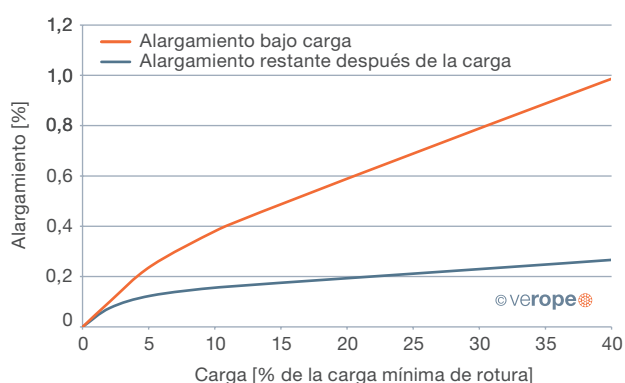


Figura 56: Alargamiento bajo carga (curva superior) y alargamiento restante después de la carga (curva inferior) en función de la tensión (veropro 8, paso regular, 1960 N/mm²)

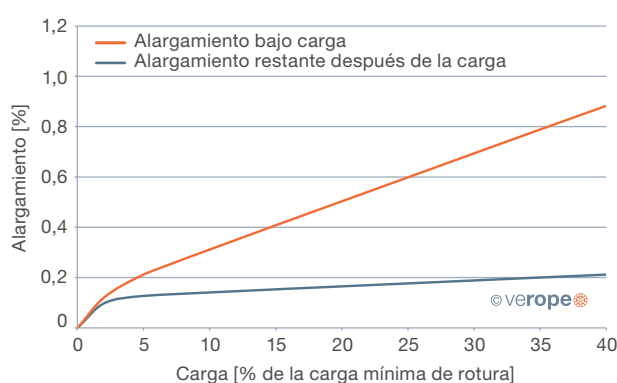


Figura 57: Alargamiento bajo carga (curva superior) y alargamiento restante después de la carga (curva inferior) en función de la tensión (verotop P, paso regular, 1960 N/mm²)

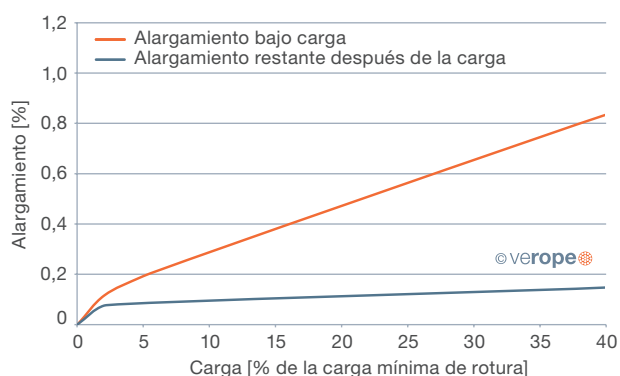


Figura 58: Alargamiento bajo carga (curva superior) y alargamiento restante después de la carga (curva inferior) en función de la tensión (verotop, paso regular, 1960 N/mm²)

→ Reducción del diámetro

Un cable se hace más largo y fino bajo carga. La reducción de diámetro puede influir fuertemente en el comportamiento del cable en el bobinado multicapa. verope® ha medido la reducción de diámetro de todos sus productos y se complace en proporcionarle los valores medidos si lo desea.

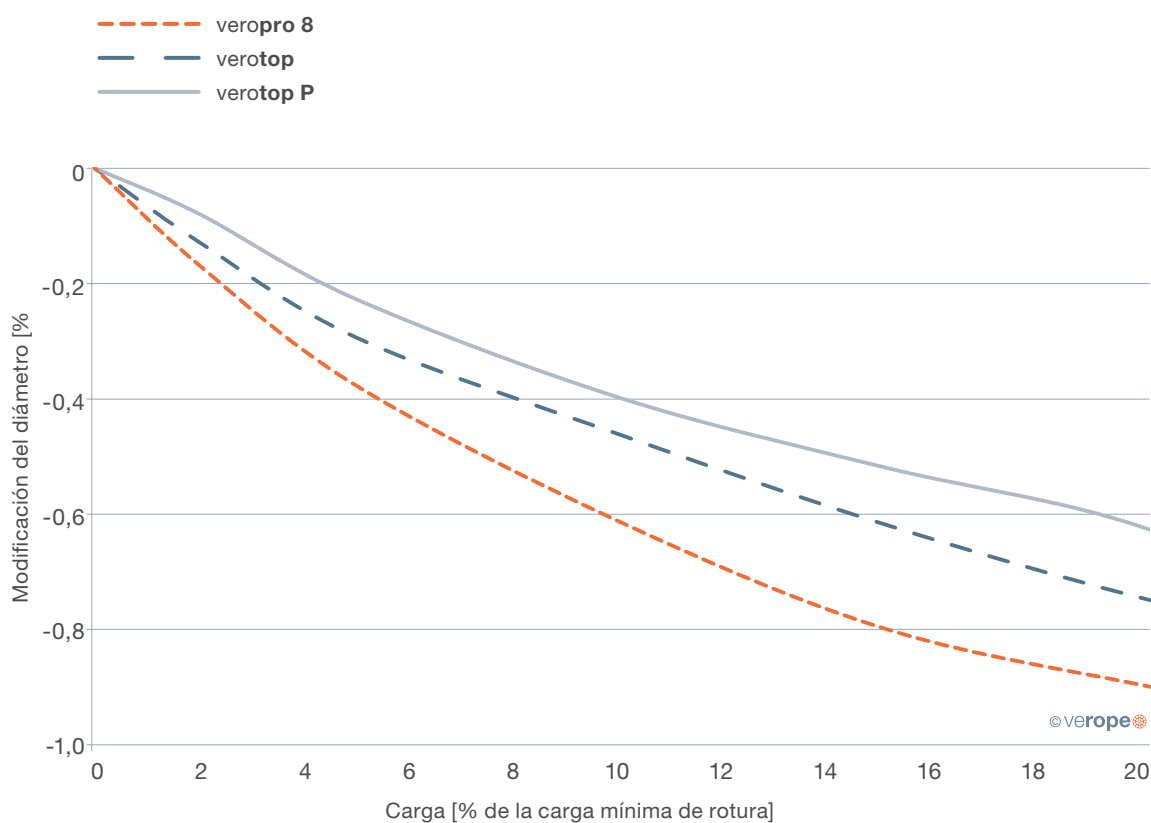


Figura 59: Modificación del diámetro en función de la tensión

→ Estabilidad lateral con y sin carga

En el bobinado multicapa, los cables de acero no solo están expuestos a cargas de tracción y flexión, sino también a enormes cargas transversales. Para poder soportar estas cargas y evitar problemas de bobinado, es necesario un alto grado de estabilidad radial. La estabilidad radial del cable también influye en el comportamiento de deformación del tambor. Por eso

es importante para el diseñador del tambor conocer la estabilidad radial en forma de módulo de elasticidad transversal de los cables. La estabilidad radial se define como la resistencia de un cable de acero contra la deformación transversal (radial) (Ovalización). verope® mide la estabilidad radial de sus productos con **(figura 62)** y sin carga **(figuras 60 y 61)**.

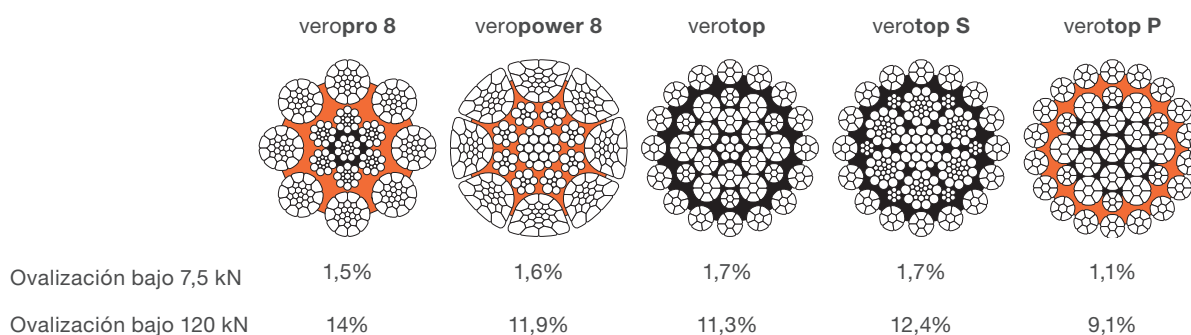


Figura 60: Medición sin carga

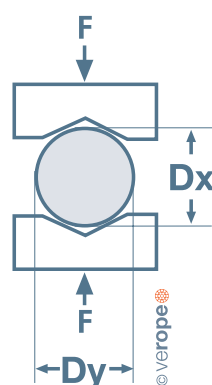
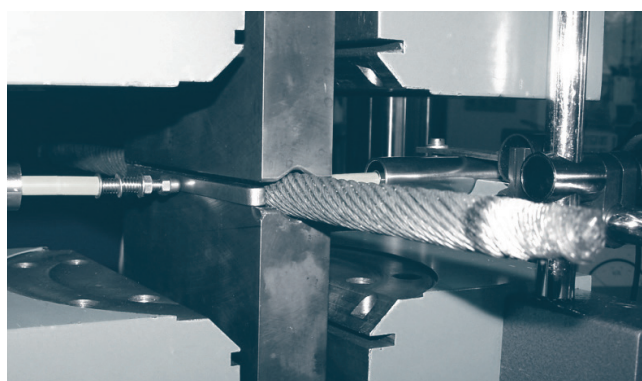


Figura 61: Dispositivo de prueba (fuente: TU Dresden)

→ Medición bajo carga

En la determinación del módulo de elasticidad lateral bajo carga, el comportamiento de la deformación del cable se mide bajo varias cargas de tracción y diferentes cargas transversales (**figura 62**).

verope® ha determinado el módulo de elasticidad lateral para todos sus productos y se complace en proporcionarlos a los diseñadores cuando lo solicitan.

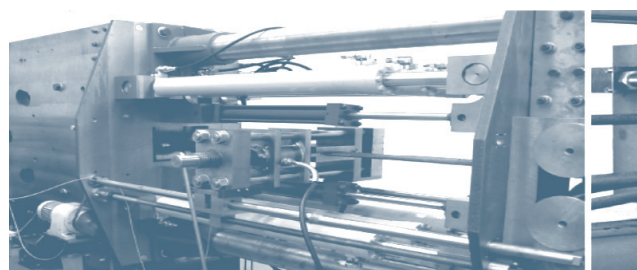
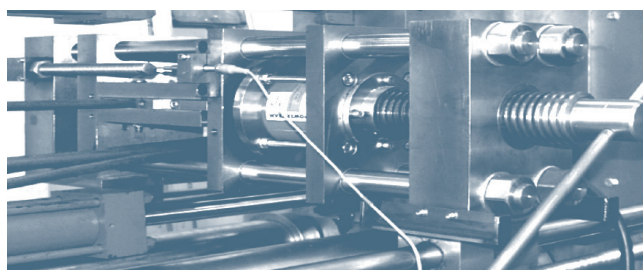
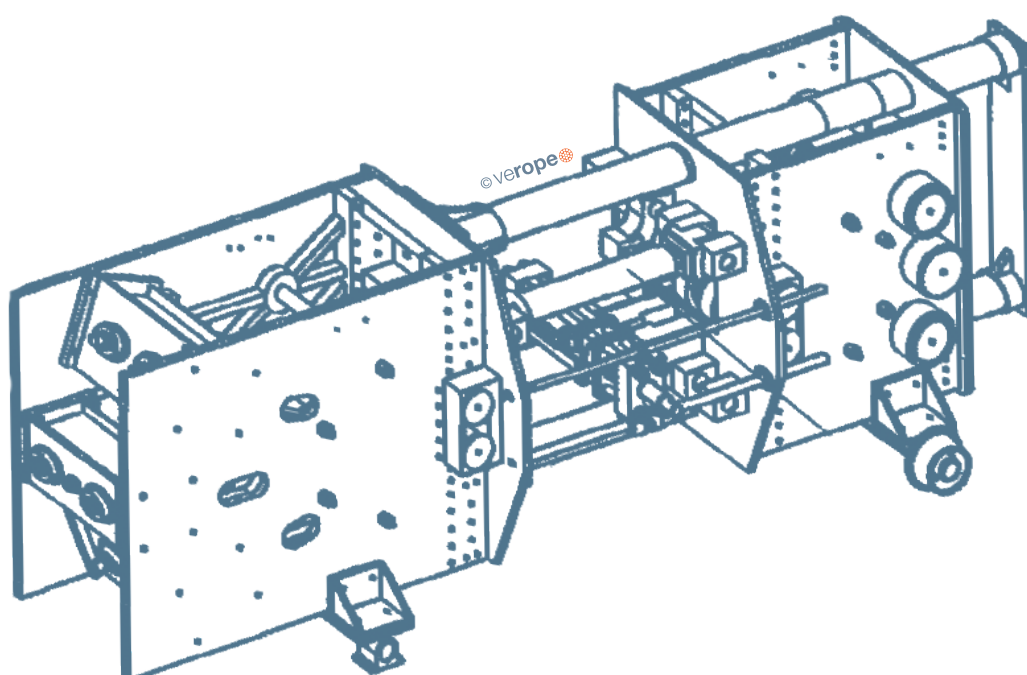


Figura 62: Principio de ensayo de la medición del módulo de elasticidad bajo carga (fuente: TU Clausthal)

3.5 COMPORTAMIENTO ROTACIONAL

Para evaluar el comportamiento rotacional de un cable metálico, se miden el torque del cable y el ángulo de rotación. Para medir el ángulo de rotación, se fija un eslabón giratorio en el extremo del cable. Durante el ensayo se mide el giro del cable en función de la carga.

El giro suele indicarse en grados por 1000 x diámetro del cable. Para medir la torsión del cable se aseguran los dos extremos del cable contra la torsión. En un extremo del cable se mide la torsión en función de la carga, con la que el cable quiere torcer la terminal.

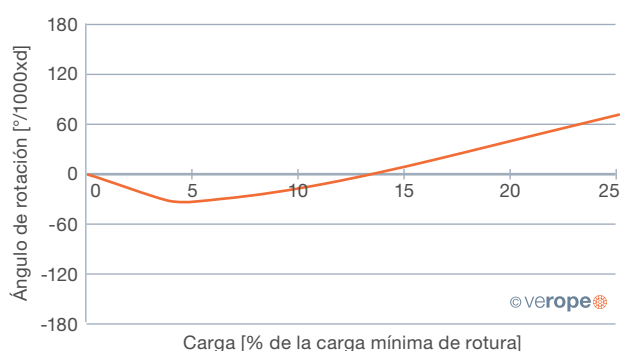


Figura 63: Tensayo típico de ángulo de rotación de la construcción de cable verotop

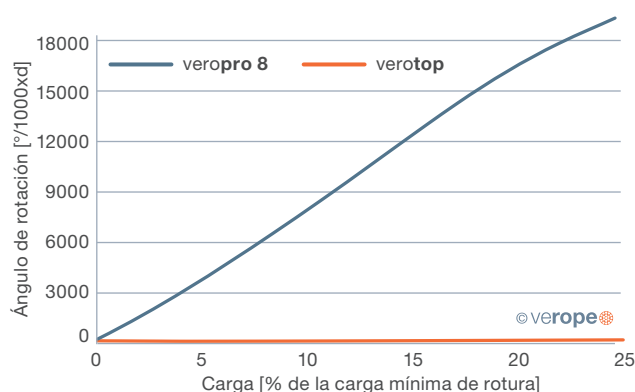


Figura 64: Prueba de ángulo de rotación veropro 8 y verotop

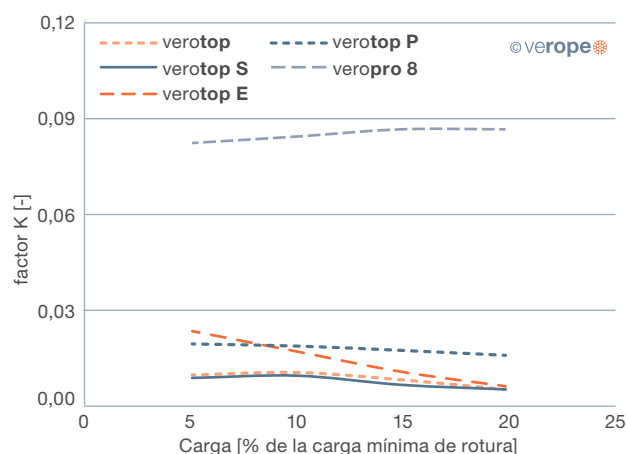


Figura 65: Par de torsión de diferentes cables verope®

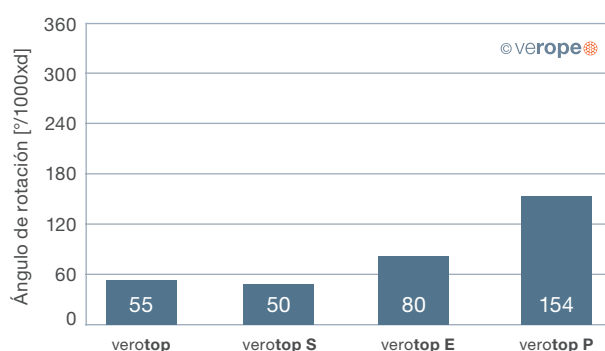


Figura 66: Ángulo de rotación bajo una carga del 20% de la carga mínima de rotura

3.6 FLEXIBILIDAD

La flexibilidad de un cable es una medida de la facilidad con la que un cable se dobla en torno a un diámetro determinado. La flexibilidad de un cable depende, entre otras cosas, de la tensión. La flexibilidad de un cable sin carga puede medirse por la descolgada de un cable bajo su propio peso. La **figura 67** muestra la máxima descolgada del cable para diferentes longitudes de cable libre (expresada como múltiplo del diámetro del cable). La flexibilidad de los cables bajo carga se mide como el factor de eficiencia del cable al pasar por una polea.

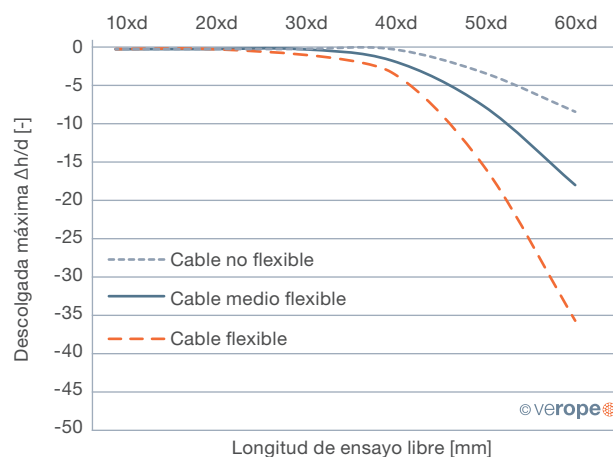


Figura 67: Descolgada del cable $\Delta h/d$ de diferentes cables en función de la longitud libre del cable como grado de flexibilidad. Los cables más flexibles muestran una mayor curva.

3.7 FACTOR DE EFICIENCIA

La **figura 68** muestra un diagrama típico del factor de eficiencia de un cable bajo tensión. En muchas normas especificadas se encuentra la referencia, que para dimensionar un sistema de sistema que utiliza rodamientos de rodillos debe calcularse con un factor de eficiencia de 0,98, este valor está marcado en la **figura 68**. Sin embargo, el diseñador de un sistema de aparejo necesita el factor de eficiencia en caso de grandes tensiones (área B en el diagrama, aquí el factor de eficiencia es superior a 0,98) para el cálculo de la potencia de accionamiento necesaria. Para calcular el peso mínimo de la pasteca sin carga, el diseñador necesita el factor de eficiencia bajo tensiones relativamente bajos (área A en el diagrama, aquí el factor de eficiencia es claramente superior a 0,98). diagrama, aquí el factor de eficiencia es claramente inferior a 0,98). Para ayudar al diseñador en su interpretación, verrope® mide el factor de eficiencia de sus productos en el en el rango de cargas bajas y en el rango de cargas altas con gran precisión (**figuras 69 y 70**). Como

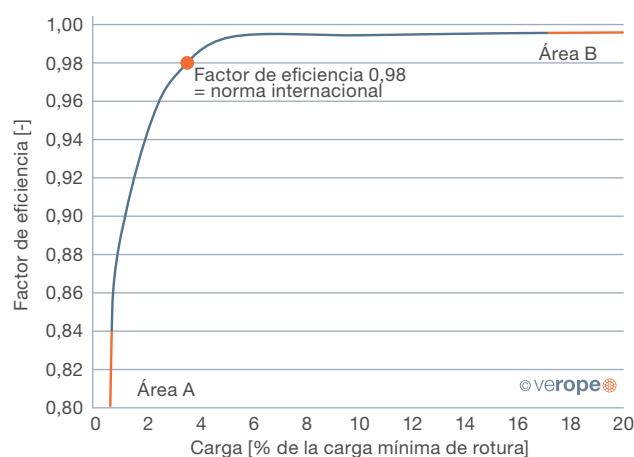


Figura 68:
Factor de eficiencia en función de la tensión

primer fabricante de cables especiales, verope® ha medido el factor de eficiencia de sus productos a lo largo de la vida útil de los cables. Por lo general, el factor de eficiencia del cable mejora primero a lo largo de su vida útil y desciende después hasta alcanzar el valor inicial en el momento del descarte. La **figura 71** muestra un ejemplo típico.

Con cargas elevadas, el factor de eficiencia de los cables especiales verope® con una relación D/d de 20 o superior es claramente superior a 0,99. Por lo tanto, por ejemplo, grúas certificadas por Germanischer Lloyd utilizando varios cables especiales verope®, se interpretarán con un factor de eficiencia de 0,99.

Para más información, póngase en contacto con nosotros.

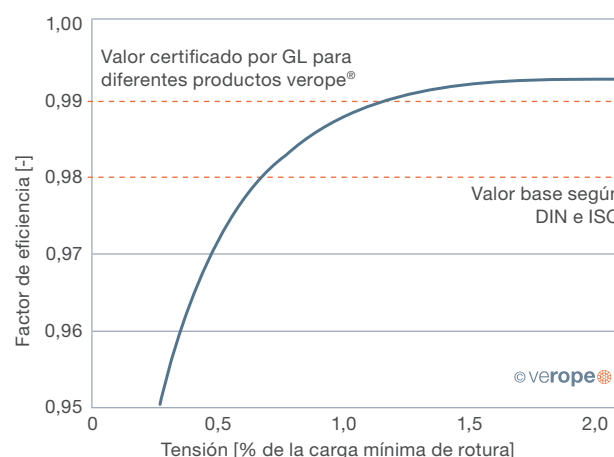


Figura 69: Medición del factor de eficiencia en el rango de carga baja hasta el 2% de la carga mínima de rotura

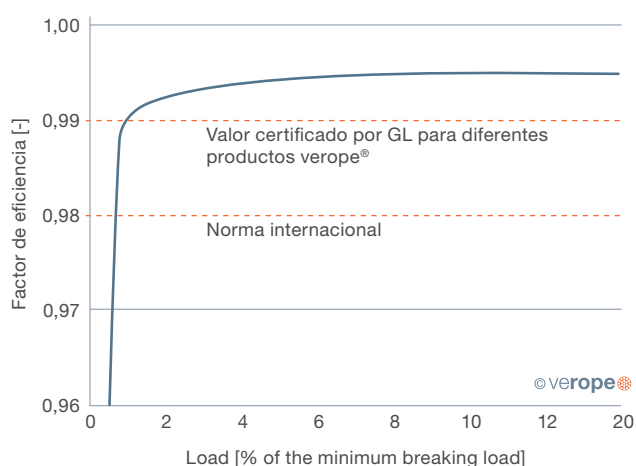


Figura 70: Medición del factor de eficiencia en el rango de carga hasta el 20% de la carga mínima de rotura

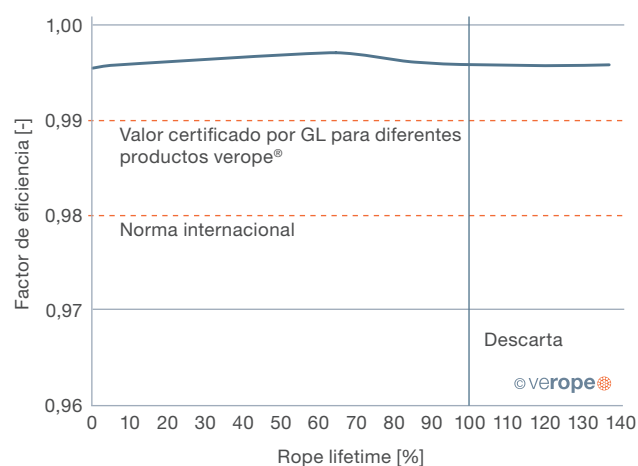


Figura 71: Medición del factor de eficiencia durante la vida útil del cable bajo carga



CRITERIOS DE DESCARTE (ISO 4309)

→ **Evaluación correcta de nuestros cables especiales verope para determinar el estado de reemplazo, basada en los hilos rotos visibles de los cables según la norma ISO 4309.**

La norma internacional ISO 4309 - "Grúas. Cables de acero - Cuidado y mantenimiento, inspección mantenimiento, inspección y descarte", 4ª edición 08/2010 - proporciona información exhaustiva. Un criterio de descarte frecuente, entre otros muchos tratados en detalle por la norma, es el número de hilos rotos visibles.

Dependiendo de la construcción del cable, categorizada por el número de categoría del cable RCN según el anexo G de la norma, la clasificación de la grúa correspondiente M1 a M8 y del sistema dado, como un tambor de una capa o tambor multicapa, el criterio de descarte puede determinarse por el número de hilos rotos visibles.

Esto significa que, además de la construcción del cable, también es importante la máquina utilizada, su diseño y su clasificación que determina los criterios de descarte. Por lo tanto, no es posible dar un número general de número de hilos rotos visibles para una construcción de cable determinada que indique su descarte. Para poder dar correctamente la asignación de su cable especial verope® a esta norma internacional ISO 4309, a continuación, encontrará la respectiva clasificación del "Número de categoría del cable RCN".

Tenga en cuenta que dentro de la construcción de un cable su número RCN puede cambiar dependiendo del diámetro nominal del cable.

Con esta información, usted puede determinar de acuerdo con el tipo real de su aplicación el número de hilos rotos visibles, información relevante para este criterio de descarte del cable.

**Si tiene más preguntas sobre el descarte, no dude en ponerse en contacto con nosotros.
¡Estaremos encantados de asistirlo!**

CABLES ESPECIALES ANTIGIRATORIOS

verope® construcción de cable de alto rendimiento	Diámetro nominal del cable d (mm)	Número de categoría del cable RCN según ISO 4309	Número de hilos rotos visibles según ISO 4309 ¹			
			partes relevantes del cable: véase la nota a pie de página ²		partes relevantes del cable: véase la nota a pie de página ^{3,4}	
			en una longitud de		en una longitud de	
			6 x d ⁵	30 x d ⁵	6 x d ⁵	30 x d ⁵
vero 4	144	22	2	4	4	8
verotop XP	96	23-1	2	4	4	8
verotop verotop S verotop S+ verotop E	112	23-2	3	5	5	10
verotop P	126	23-3	3	5	6	11

CABLES ESPECIALES NO-ANTIGIRATORIOS

verope® construcción de cable de alto rendimiento	Diámetro nominal del cable d (mm) ⁷	Número de hilos cargados en los torones exteriores	Número de categoría del cable RCN según ISO 4309	Número de hilos rotos visibles según ISO 4309 ¹					
				partes relevantes del cable: véase la nota a pie de página ²				partes relevantes del cable: véase la nota a pie de página ^{3,4}	
				Clase M1 a M4 o clase desconocida ⁶				Todas las clases M1 a M8	
				Paso ordinario		Paso Lang		Paso ordinario y paso Lang	
				en una longitud de				en una longitud de	
				6 x d ⁵	30 x d ⁵	6 x d ⁵	30 x d ⁵	6 x d ⁵	30 x d ⁵
verostar 8	till 42	208	09	9	18	4	9	18	36
veropro 8	43 to 48	248	11	10	21	5	10	20	42
veropro 8 RS	above 48	288	13	12	24	6	12	24	48
verosteel 8									
veropower 8	till 40	208	09	9	18	4	9	18	36
	41 to 46	248	11	10	21	5	10	20	42
	above 46	288	13	12	24	6	12	24	48
verotech 10 veropro 10	above 10	260	11	10	21	5	10	20	42

Nota: 1) Tenga en cuenta que un hilo roto contado siempre tiene dos extremos. **2)** Se aplicará exclusivamente a los tramos de cable que pasan únicamente sobre poleas de acero y/o que se enrollan en un tambor de una sola capa. Para la bobina de una sola capa deben utilizarse cables de paso regular. Los hilos rotos se distribuyen aleatoriamente. **3)** Se aplicará exclusivamente a los tramos de cable que se enrollan en un tambor multicapa. **4)** Los valores sólo son válidos en combinación con la nota 3 y se aplican al deterioro que se produce en las zonas de cruce y a las interferencias entre vueltas debidas a los efectos del ángulo de esviaje. Nota: ¡Estos valores no se aplican a los tramos de cable que circulan sólo sobre poleas pero que no se enrollan en el tambor multicapa! **5)** d = diámetro nominal del cable **6)** El doble del número de hilos rotos indicado puede aplicarse a los cables de los mecanismos cuya clasificación es conocida como M5 a M8. **7)** Otros diámetros de cable a petición.



COMPONENTES DE LA GRÚA

5.1 TAMBORES

Los tambores se utilizan para tirar y almacenar cables de acero. El cable puede enrollarse en una sola capa o en multicapa.

Los tambores de una sola capa pueden ser sin ranura o tener una ranura helicoidal. El paso del tambor suele ser de +10% del diámetro del cable.

Los tambores multicapa pueden ser helicoidales o tener una ranura de tipo Lebus®. Mientras que las ranuras de tipo helicoidal tienen un paso del tambor, las ranuras tipo Lebus® presentan en 1/3 de la circunferencia del tambor un paso de 0° (significa que son paralelas a la brida), seguidas de ranuras del tambor que tienen una inclinación de 3° en aproximadamente 1/6 de la circunferencia del tambor. Las ranuras de tipo Lebus suelen tener un paso de aproximadamente el 4% o hasta más del 5% del diámetro nominal del cable.

La flexibilidad y la estabilidad radial de un cable de acero y la relación D/d del tambor son influencias importantes para la calidad del comportamiento de la bobina.

Para evitar la torsión del cable por el tambor, debe respetarse la regla del tambor. Un tambor derecho debe ser operado con un cable de acero izquierdo, un tambor izquierdo debe ser operado con un cable derecho.

En los tambores multicapa, la dirección del tambor cambia con cada capa. En este caso, la dirección de paso del cable de acero debe elegirse o en función de ajustarse a la dirección del aparejo (un aparejo izquierdo debe tener un cable derecho y un aparejo derecho debe tener un cable izquierdo) o la dirección de paso del cable de acero debe ser escogida por la capa más utilizada del tambor (ver página 52 y 53).

5.2 POLEAS

Las poleas se utilizan para cambiar la dirección de un cable de acero. Al entrar en una polea, el cable de acero se dobla y se somete a medio ciclo de flexión. Al salir de la polea por el otro lado, la sección del cable se enderezará y se someterá a otro medio ciclo de flexión. El diámetro de una polea se suele medir como un múltiplo del diámetro del cable, la relación D/d. Una relación D/d de 20 significa que el diámetro de la polea (medido de cable central a cable central, véase la **figura 73**) es 20 veces el diámetro nominal del cable. En este caso, el diámetro de la banda de rodadura es

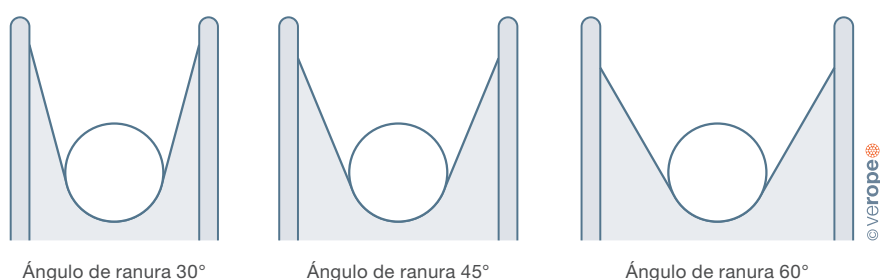
19 x d.

La vida a la fatiga de un cable de acero aumentará con el incremento de la relación D/d (**ver figura 53, página 32**).

Según la norma ISO 16625, son habituales los ángulos de apertura de las ranuras entre 45° y 60°, en Estados Unidos 30° y en Gran Bretaña 52° (**figura 72**).

Si un cable se desplaza sobre una polea bajo un ángulo de esviaje, se rodará por las bridas y se retorcerá. Las pruebas han demostrado que la cantidad de torsión que se produce en el cable es una función del ángulo de la ranura: Cuanto mayor sea el ángulo de la ranura, menor será la torsión.

El diámetro de un cable de acero puede medir hasta un diámetro nominal del cable +5 %. Para acomodar un cable de acero de acero, según la norma ISO 16625, el diámetro de la ranura debe medir entre el +5 % a +10 % del diámetro nominal del cable y en el caso ideal +6 %



Ángulo de ranura 30°

Ángulo de ranura 45°

Ángulo de ranura 60°

Figura 72: Diferentes ángulos de ranura de las poleas

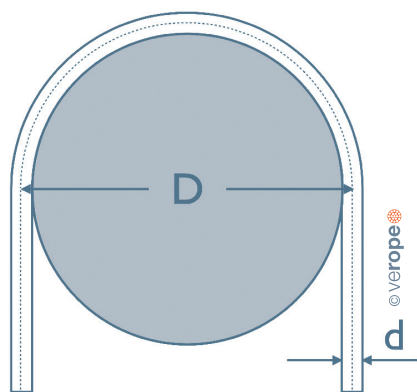


Figura 73: Diámetro de la polea



Figura 74: Calibre de la ranura (mostrado en una ranura demasiado estrecha)

verope® ofrece galgas para medir el diámetro real de la ranura (**figura 74**).

ELIJA EL CABLE ADECUADO PARA SU APLICACIÓN

Para elegir el cable adecuado hay que combinar dos puntos de vista: ¡la aplicación y el punto de vista del cable!

El " cable universal" que sirve para todas las aplicaciones no existe. Por lo tanto, hay una gran variedad de cables que mejor se adaptan a los requisitos de una tarea determinada.

Con las siguientes observaciones queremos dar alguna información práctica para ayudar a elegir el cable de grúa adecuado en función de la aplicación.

No habría que mencionarlo, pero en caso de duda, el equipo de equipo de verope® estará encantado de asistirlo.

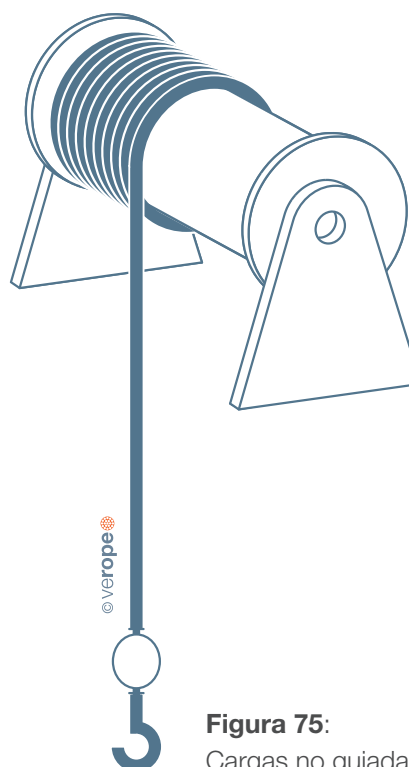


Figura 75:
Cargas no guiadas (fuente VDI 2358)

6.1 VISTA DE LA APLICACIÓN

La finalidad principal de una grúa es, sin duda, la de elevar algo desde el lugar/nivel A hasta el B, para lo cual se necesita un **cable de elevación**.

Además de la crucial "aplicación de elevación" existe una gran variedad de otras funciones, dependiendo del tipo de grúa en sí, que son necesarias para la correcta operación de una grúa, por ejemplo:

- Cables de elevación para posicionar la pluma
- Cables de traslación para mover la carga en grúas torre o grúas de contenedores
- Cables colgantes para sujetar la pluma u otras estructuras de la grúa
- Cables de instalación para montar o desmontar la grúa
- ... y otros

6.2 VISTA DEL CABLE

Desde el punto de vista técnico, hay dos categorías principales en las que se pueden dividir los cables de grúa, cuando nos centramos en la aplicación de los cables en las grúas:

- cables antigiratorios
 - A veces, coloquialmente, también se denominan cables antigiratorios
- cables no-antigiratorios

→ "Aplicación de izado"

Como orientación básica, la siguiente regla ha demostrado su eficacia:

Para todas las "Aplicaciones de izado", ya sean polipastos principales o auxiliares, se utilizan exclusivamente cables antigiratorios, cuando:

- la carga no está guiada (**figura 75**) y/o
- se requieren grandes alturas de elevación

Los cables antigiratorios son los únicos que proporcionan estabilidad a la carga, por lo que ésta no tiene ninguna o poca tendencia a girar. Los cables antigiratorios que se fijan a la estructura de la grúa no transmiten ninguna o poca torsión al punto de fijación. Por lo tanto, los cables especiales verope® antigiratorios garantizan un funcionamiento seguro. Los cables que se definen como antigiratorios según las normas especificadas, varían en cuanto a su resistencia a la rotación (dependiendo del tipo de construcción).

Para mostrar la diferencia en cuanto a la resistencia a la rotación, se forman diferentes "clases". Por ejemplo, la norma EN 12385-4 designa la clase de cable "35x7", que describe los cables antigiratorios con tres capas de torones, y la clase de cable "18x7", que describe los cables antigiratorios con sólo dos capas de torones. La resistencia a la rotación de ambas clases, así como la producción difieren claramente y los precios varían en consecuencia.

Además, como ejemplo adicional, la norma ASTM A 1023 describe tres categorías de cables, clasificadas por su resistencia a la rotación. Se trata de las dos categorías "1" y "2", que se utilizan ampliamente como

cables de elevación en las grúas:

- Categoría 1 - los cables antigiratorios tienen al menos 15 torones exteriores y ofrecen la mejor resistencia a la rotación
- Categoría 2 - los cables antigiratorios tienen 10 o más torones exteriores

Como orientación general, los cables antigiratorios considerados de clase "35x7" proporcionan una resistencia a la rotación comparable a la de los cables de categoría 1 según la norma ASTM A1023, mientras que los cables antigiratorios considerados de clase "18x7" proporcionan una resistencia a la rotación comparable a la de los cables de categoría 2 según la norma ASTM A1023.

Para las aplicaciones más exigentes deben utilizarse cables antigiratorios de la categoría 1.

Nota: Los cables de la clase "35x7"/categoría 1 tienen que ser siempre sustituidos por cables de la misma/comparable clase y nunca por cables de la clase "18x7"/categoría 2. Mientras que los cables de la clase "18x7"/categoría 2 también pueden ser sustituidos por cables de la categoría 1/"35x7" desde un punto de vista técnico.

Información: Además de los cables antigiratorios, que se fabrican según las normas nacionales o internacionales, hay muchos cables antigiratorios diseñados y fabricados "además" de la norma para satisfacer exigencias aún mayores. Estos son verdaderos cables especiales, desarrollados para las más altas exigencias de resistencia a la rotación, por ejemplo, las mayores alturas de elevación de las grúas modernas. Para dar a los clientes una orientación general sobre estos cables especiales, las normas mencionadas anteriormente se utilizan como referencia para clasificar los cables especiales. Esto porque las propiedades fundamentales son comparables, aunque el rendimiento sea mejor.

Importante: Cuando se requieran cables antigiratorios nunca deben sustituirse por cables no-antigiratorios.



→ Uso de eslabón giratorio en los cables de elevación

El uso de un eslabón giratorio puede ser útil para eliminar la torsión generada en determinadas circunstancias en el accionamiento del cable, por ejemplo, si los ángulos de esviaje entre el tambor y la primera polea o entre las poleas están en algunas configuraciones por encima de los límites recomendados. En las aplicaciones multiaparejo, el eslabón giratorio no puede compensar la torsión en todas las caídas, sino al menos en las primeras caídas del eslabón giratorio. El eslabón giratorio reduce el riesgo del cableado del gancho o daños en el cable, como la ondulación o la deformación en cesta, que pueden provocar el descarte del cable.

Tenga en cuenta que los cables considerados de clase "35x7 cables/categoría 1 según ASTM A1023 pueden utilizarse con o sin eslabón giratorio.

Las normas EN 12385-3 e ISO 21669 ofrecen más información sobre el uso del eslabón giratorio.

La gama de **productos verope® de cables antigiratorios de productos de verope®** contiene productos de alto rendimiento, que forman parte de la serie "-top":

- verotop P
- verotop XP
- verotop
- verotop S
- verotop E

y la construcción de cable de 4 torones

- vero 4

A excepción del cable de 4 ramales vero4, todos nuestros cables son de alto rendimiento, categoría 1, antigiratorios de alto rendimiento, que ofrecen la mejor resistencia a la rotación.

Todos los cables de grúa de la serie "top" pueden utilizarse con o sin eslabón giratorio.

El producto vero4, un cable muy robusto, está diseñado para condiciones de trabajo más duras con cargas de impacto dinámicas.

Aunque el cable vero4 forma parte del grupo antigiratorio el producto vero4 no puede ser utilizado con un eslabón giratorio.

La regla básica para la "aplicación de polipastos" es utilizar cables antigiratorios.

Siguiendo esa regla no se debería fallar, pero como con todas las reglas hay excepciones en determinadas circunstancias:

1. Para la "aplicación de elevación" y las cargas guiadas también se pueden utilizar cables no-antigiratorios porque el torque generado bajo carga es sostenido por el bastidor, guiando la carga (**figura 76**).

2. Para la "aplicación del polipasto" y las cargas no guiadas, también se pueden utilizar cables no-antigiratorios, cuando se utilizan los mismos cables de construcción como un par, que consiste en cable derecho e izquierdo (**figura 77**).

La segunda configuración también proporciona estabilidad rotacional, por lo que la carga no tiene ninguna o poca tendencia a girar, porque la cantidad de par generado bajo carga es igual, pero en direcciones opuestas:
el resultado: el equilibrio del par.

Importante: Los cables antigiratorios son claramente inferiores en cuanto al rendimiento de ciclos de flexión en comparación con los cables no-antigiratorios. Por lo tanto, los cables no-antigiratorios sólo deben ser sustituidos por cables antigiratorios con el máximo cuidado y después de consultar con expertos en cables.

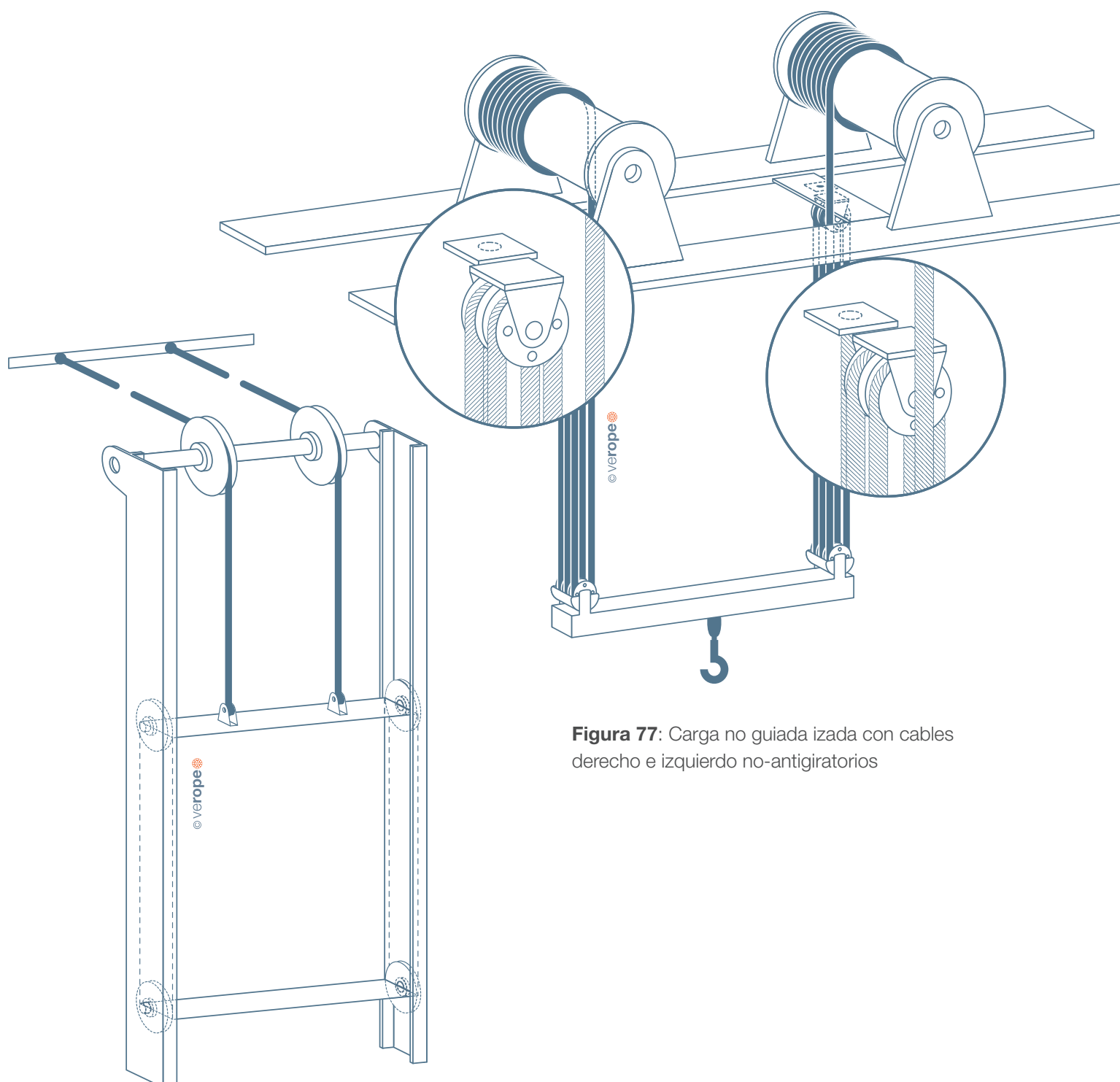


Figura 76: Carga guiada (VDI 2358)

Figura 77: Carga no guiada izada con cables derecho e izquierdo no-antigiratorios



→ Más aplicaciones para grúas

Los cables no-antigiratorios suelen alcanzar más ciclos de flexión que los cables antigiratorios o los cables semi-antigiratorios. Sin embargo, ejercen un par de torsión en la terminal cuando están bajo carga.

Por lo tanto, los cables no-antigiratorios sólo pueden utilizarse si los extremos de los cables están protegidos permanentemente contra la torsión.

Los cables no-antigiratorios son siempre la elección, cuando la característica "resistencia a la rotación", que sólo ofrecen los cables antigiratorios, no es necesaria.

Este es el caso de muchas aplicaciones de cables, por ejemplo, para cables de arrastre, cables para carros, cables colgantes o cables de instalación.

Nota: En el caso de acoplamiento de cables no-antigiratorios, por ejemplo, cables colgantes o cables de agarre, sólo deben utilizarse cables idénticos de la misma construcción, es decir: el mismo diámetro, el mismo tipo y dirección de paso. **(figura 78).**

La combinación de cables con diferentes direcciones de paso torcería los cables y, por tanto, los destruiría.

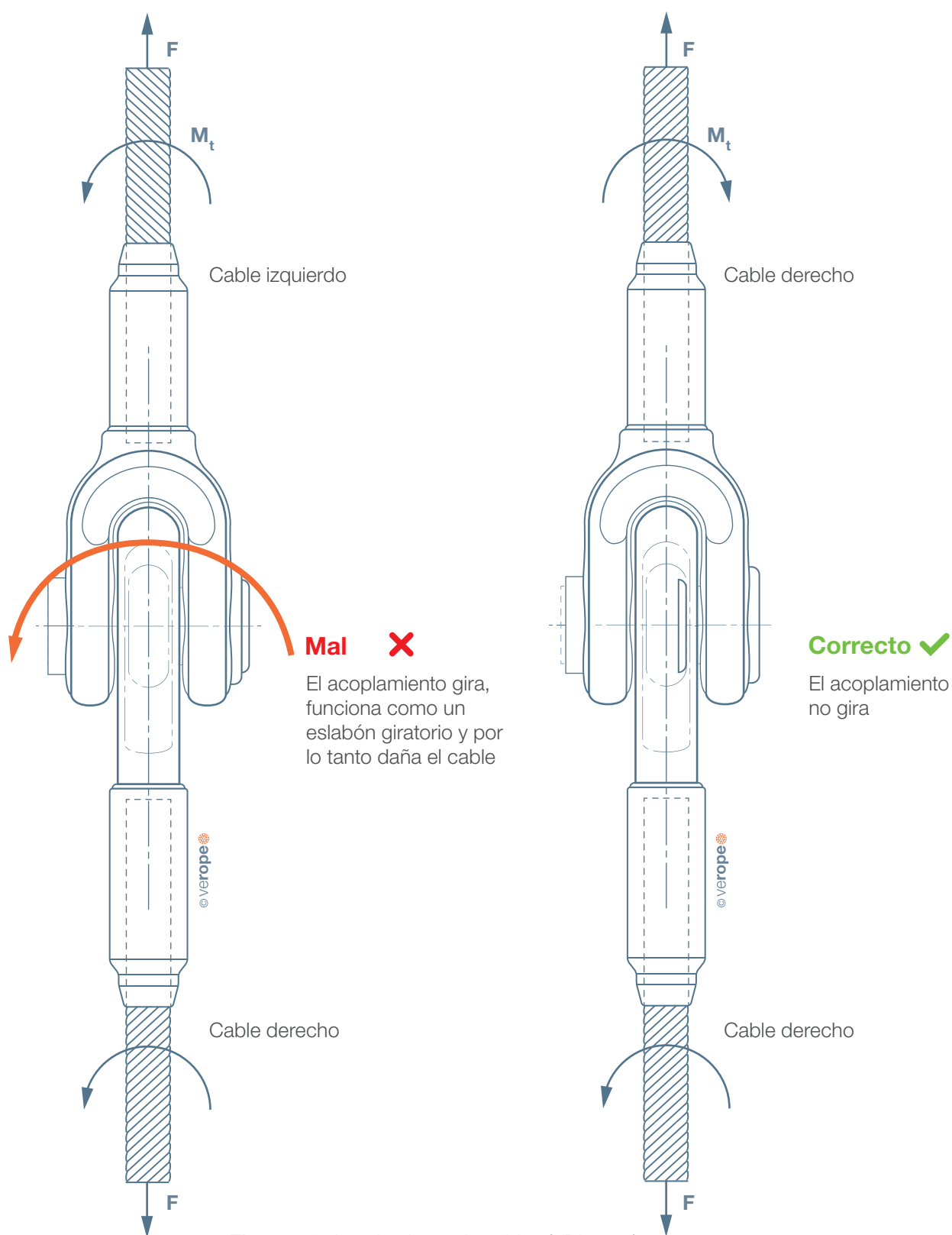


Figura 78: Acoplamiento de cables (VDI 2358)



6.3 APLICACIÓN DE CABLES DE PASO REGULAR (U ORDINARIO) Y PASO LANG

La elección del tipo de paso debe tener en cuenta el uso específico del cable, la construcción del cable, los componentes de la grúa y los factores de desgaste previstos en el uso, que determinan sustancialmente la vida útil del cable.

El objetivo de la elección del cable es una vida útil elevada, garantizando al mismo tiempo un alto factor de seguridad, para que el operador pueda reconocer el estado de funcionamiento seguro del cable en cualquier momento, teniendo en cuenta los criterios de descarte de la aplicación específica. Por lo tanto, una declaración general sobre el uso de cables de paso regular o de paso Lang no es posible o no es útil sin conocimiento del caso/aplicación concreta.

→ Cables de paso regular

Los cables de paso regular están muy extendidos, por lo que se supone que son de aplicación universal. Los cables de paso regular tienen una muy buena estabilidad estructural debido al trenzado opuesto de los alambres y los torones que los hacen más resistentes a la torsión externa. El par de torsión del cable es menor que el de los cables de paso Lang. Los cables de paso regular también ofrecen una buena resistencia al desgaste. En cuanto a la construcción, los hilos rotos de los cables de paso regular aparecen más rápidamente que en los cables de paso Lang. Esto debido a la mayor presión entre el alambre y la ranura de la polea, además de una mayor curvatura del alambre dentro del torón, lo que hace más fácil reconocer los hilos rotos y el estado del cable, lo que facilita la evaluación de los criterios de descarte. Los cables de paso regular no son todavía universales para todas las aplicaciones, teniendo en cuenta los objetivos de la elección del cable.

→ Cables de paso Lang

Los cables de paso Lang son más exigentes no sólo en el proceso de producción, sino también en la aplicación, empezando por la instalación. La razón de ello es que los alambres y torones están en la misma dirección, lo que aumenta el torque del cable y hace que los cables de paso Lang sean sustancialmente más sensibles a todo tipo de torsión externa.

Los cables de paso Lang alcanzan ciclos de flexión muy elevados hasta la rotura debido a las condiciones de contacto geométricamente más favorables entre el alambre y la ranura del cable lo que conduce a la reducción de la presión en las zonas de contacto. Esta reducción de la presión es ventajosa para los componentes de la grúa y el propio cable. Sin embargo, también hay que mencionar que, en comparación con los cables de paso regular, el desarrollo de los hilos rotos visibles desde el exterior se produce más lentamente.

Por lo tanto, el reconocimiento de los criterios de descarte debido a los hilos rotos externamente visibles puede ser complicado. Por esta razón, el número de hilos rotos hasta el descarte es claramente inferior en los cables de paso Lang, que en los cables de paso regular de idéntica construcción. Por lo tanto, los cables de paso Lang no son cables universales para todas las aplicaciones bajo los criterios de elección de cables mencionados anteriormente.

Importante: Tal y como se describe en el apartado "cables de paso Lang", estos cables pueden tener una mayor cantidad de hilos internos rotos, que no son visibles en el exterior. Este es el caso, en particular, de los cables antigiratorios de paso Lang bajo ciclos de flexión.
Esto debe aclararse siempre con un experto en cables.

→ Componentes de la grúa y geometría de la grúa

Componentes de la grúa y geometría de la grúa
Además del propio cable, los componentes de la grúa y la geometría de la grúa son criterios importantes para la elección del cable. El sistema de tambor aplicado y los ángulos de esviaje en la geometría de la grúa son mencionados en particular.

En los tambores de una sola capa el cable se esfuerza debido a la carga de tracción y, en gran medida, por la flexión y la fuerza lateral y, por tanto, dominan las torsiones. Mientras que en los tambores multicapa dominan el desgaste mecánico y la presión lateral entre los cables que se tocan.

El ángulo de esviaje seleccionado constructivamente en la geometría de la grúa es una característica muy importante para un bobinado fiable del cable y el grado de desgaste de este. Para el bobinado multicapa, se recomienda un ángulo de esviaje máximo de $1,5^\circ$, mientras que los tambores monocapa pueden trabajar con ángulos de esviaje más elevados, como por ejemplo hasta 4° . Por lo tanto, la elección del cable adecuado debe ajustarse con estas condiciones de funcionamiento/desgaste.

Las siguientes reglas básicas para la correcta elección de cable que se bobina en los tambores, han demostrado su eficacia de los tambores y, por lo tanto, también son recomendadas por nosotros:

- tambores de una capa = cables de paso regular
- tambores multicapa = cables de paso Lang

En los tambores de una capa, el cable de paso regular tiene claras ventajas, porque normalmente puede compensar mayores ángulos de esviaje. Además, el reconocimiento más fácil de los hilos rotos visibles desde el exterior es un argumento importante de los cables de paso regular en los tambores de una sola capa. En estos no se produce o al menos no existe en gran medida un fuerte desgaste mecánico del cable, que también provoca hilos rotos.

En los tambores multicapa, la resistencia a la fatiga por flexión del cable no es decisiva para la vida útil del cable, pero sí lo es su resistencia al impacto mecánico. Los cables de paso regular son menos adecuados para el bobinado de tambores multicapa porque los alambres de los cables vecinos pueden rozar entre sí. Esto provoca un gran desgaste mecánico. El contacto de los cables vecinos durante el proceso de bobinado también es bien "audible". Esto da lugar a roturas prematuras de alambre.

Los cables de paso Lang han demostrado su eficacia en el bobinado multicapa porque los cables vecinos no pueden rozarse entre sí, lo que aumenta la vida útil del cable significativamente.

El uso de cables con torones exteriores compactados y/o de cables martillados rotacionalmente puede aumentar claramente la vida útil del cable debido a la superficie muy lisa y la alta resistencia a la abrasión. Las afirmaciones anteriores se han demostrado en la práctica. Las divergencias ocasionales deseadas por el cliente deben ser analizadas a fondo con respecto a:

- specific operating conditions of the rope
- the chosen rope construction
- the customer's rope supervision concerning discard criteria before a divergent decision can be made.



REQUISITOS DEL CABLE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GRÚA

A la hora de seleccionar un cable, siempre se debe comprobar cuidadosamente, qué condiciones de funcionamiento y (como resultado) que esfuerzos en el cable dominan desde el punto de vista de la grúa. Estas relaciones de demanda difieren claramente y justifican la fabricación de cables especiales, es decir, soluciones específicas para cada aplicación, que puedan cumplir de la mejor manera posible estas exigencias dominantes.

Por supuesto, hay cables que ya cubren bastante bien las exigencias esenciales de su clase de construcción. De nuestra gama de productos podemos nombrar el veropro 8 para la gama de aplicaciones no-antigiratorias o el verotop para la gama de aplicaciones antigiratorias.

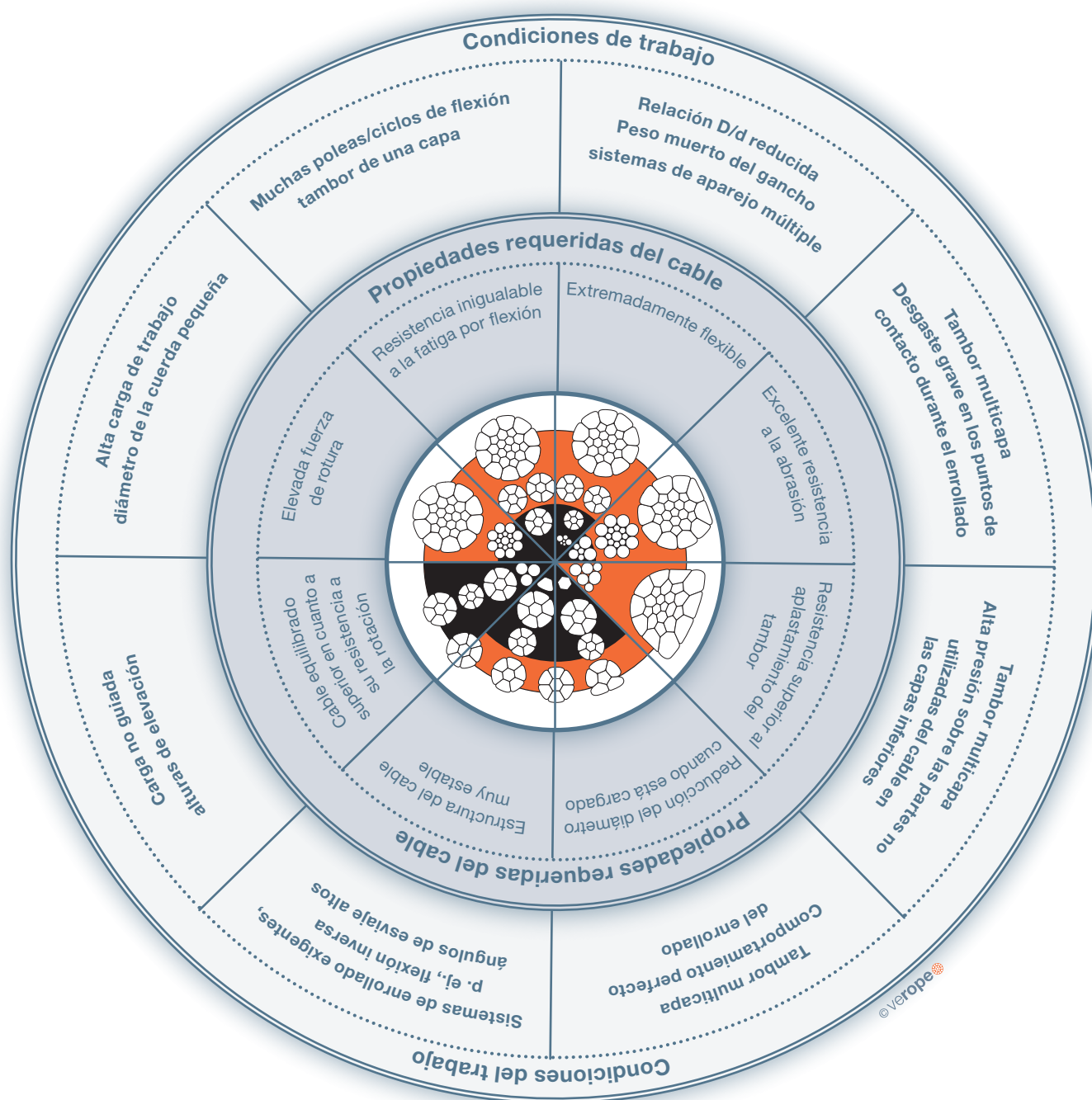
Por supuesto, también existen los distintos "especialistas", cables con resistencias especiales en las que se puede confiar con respecto a las demandas dominantes como la resistencia al desgaste, la estabilidad radial o la resistencia a la fatiga final.

Con la siguiente representación, basada en las exigencias dominantes a los cables en la grúa, que usted tiene que determinar primero, nos gustaría proporcionarle las calidades de cable necesarias (en función de las exigencias dominantes) del especialista en los cables especiales verope®.

La representación es una imagen de corte transversal de cable, que también busca dejar claro de forma figurada que no existe una solución que pueda cumplir todas las normas especiales por igual y de la mejor manera posible.

Con mucho gusto le apoyamos en la selección del mejor cable para su aplicación!

EL CABLE MAGICO



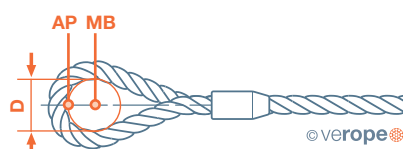
TERMINALES DEL CABLE

8.1 PUNTOS DE REFERENCIA PARA DETERMINAR CON PRECISIÓN LA LONGITUD DEL CABLE

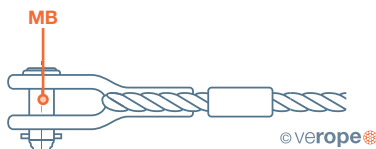
En algunas aplicaciones de los cables, por ejemplo, los cables colgantes, la longitud del cable es esencial. Los siguientes términos se utilizan para describir los puntos de referencia que son importantes para determinar con precisión la longitud del cable. Se añaden algunos ejemplos típicos. Con el uso de estos términos

queremos que se eviten malentendidos.

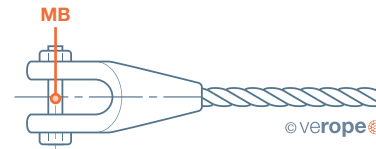
Además de los puntos de referencia, la fuerza bajo la cual la longitud debe ser correcta también se determinará por usted. Sin ninguna información sobre la fuerza, automáticamente es asumida que la longitud debe ser correcta cuando $F = 0$ kN.



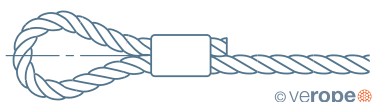
Terminal ojo de flamenco con casquillo



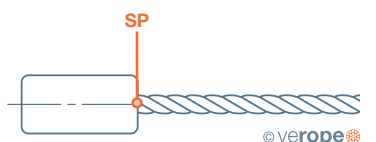
Terminal de dedal abierto asegurado con casquillo



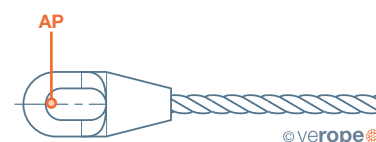
Terminal cónico abierto: Encaje metálico o de resina



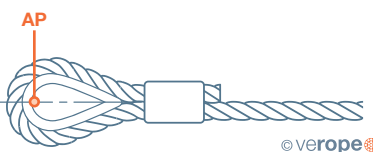
Terminal gaza con casquillo



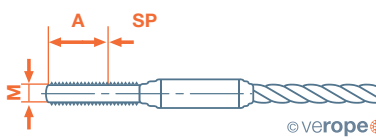
Botón prensado: encaje metálico/resina o estampado



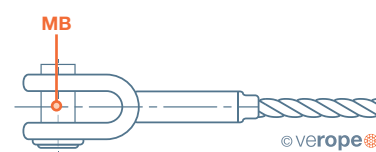
Terminal cónico cerrado: Metal o resina sintética fundida



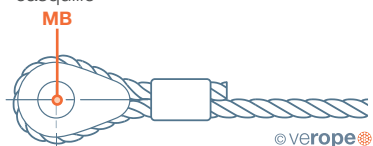
Terminal gaza con guardacabo y casquillo



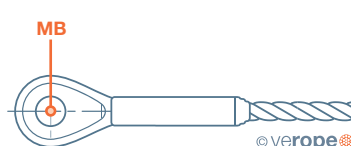
Terminal prensado roscado



Terminal prensado horquilla



Terminal gaza con vigota y casquillo



Terminal prensado de ojo



Ojo marino



Gripado y cortado



Fundido y cónico

Abreviatura	Punto de referencia
AP	Punto de fijación
MB	Perno central
SP	Punto de apoyo

8.2 FACTOR DE EFICIENCIA K_T DE LAS TERMINALES DE LOS CABLES

La carga mínima de rotura indicada en la ficha técnica es "... valor especificado en kN, por debajo del cual la fuerza de rotura medida (F_m) no puede descender en una prueba de fuerza de rotura prescrita ..." (según DIN EN 12385-2, 3.10.10).

En particular, para el diseñador de grúas es importante saber qué influencia tiene una terminal elegida en la resistencia a la rotura transferible del sistema de terminal. La resistencia mínima de ensayo que debe alcanzarse al examinar una terminal de cable en un ensayo de tracción se determina en función de la

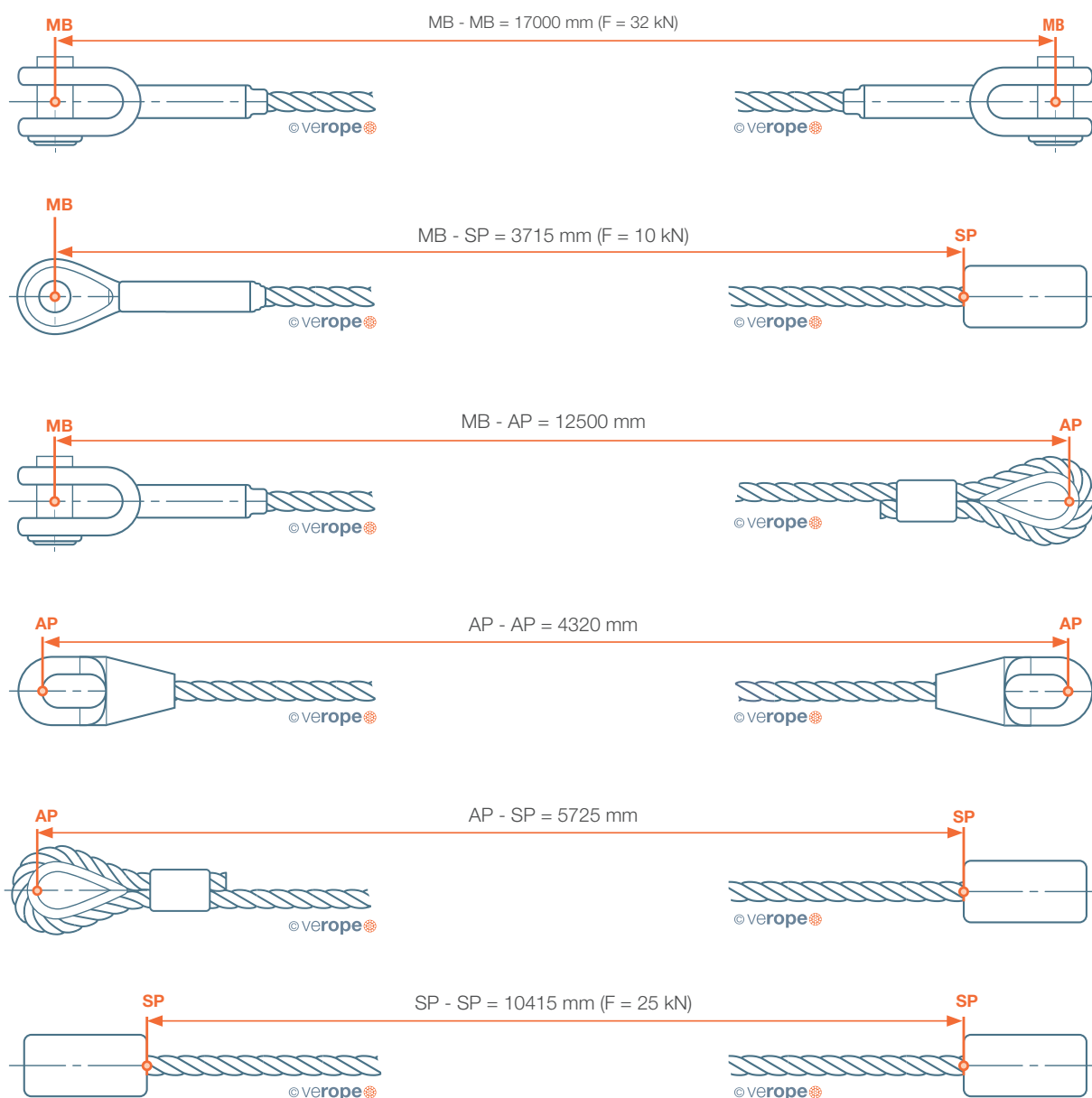
resistencia mínima a la rotura del cable y considerando el Factor de eficiencia K_T .

$K_T = 0,9$ significa que la resistencia de ensayo que debe alcanzarse debe ser de al menos el 90% de la fuerza mínima de fuerza de rotura mínima del cable.

A menos que se indique lo contrario, se aplican las siguientes reglas básicas:

$K_T = 1,0$ para terminales fundidos de cables

$K_T = 0,9$ para terminales prensados de cables



INFORMACIÓN GENERAL

9.1 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS CABLES

→ Manipulación de las bobinas

Las bobinas deben ser transportadas utilizando un equipo de elevación adecuado, como cables de elevación, eslingas, cadenas o travesaños respectivamente con carretillas elevadoras. Para el transporte de anillos de cable ligeros, son adecuados los cinturones de elevación hechos de textiles o las eslingas.

Por favor, evite tocar el cable durante la manipulación de la bobina.

Esto puede provocar daños mecánicos en el cable.

→ Almacenamiento del cable

Los cables de acero deben estar protegidos contra la suciedad y la humedad durante el almacenamiento. Lo ideal es que se almacenen en bodegas adecuadas. Durante el almacenamiento, las bobinas deben estar aseguradas para que no se desplacen. Durante el almacenamiento en el exterior, deben protegerse de la humedad y otros factores ambientales de la mejor manera posible. Por favor, tenga en cuenta que la cubierta de las bobinas debe garantizar que el cable debajo de ella esté siempre suficientemente ventilada para evitar la corrosión debida a la condensación.

Por favor, no ponga el cable directamente en el suelo, sino sobre un pallet. Los cables no galvanizados no deben almacenarse en el exterior durante mucho tiempo. En caso de condiciones de almacenamiento desfavorables, como por ejemplo temperaturas demasiado altas, puede ser necesario que los cables tengan que ser lubricarse de nuevo antes de su uso.



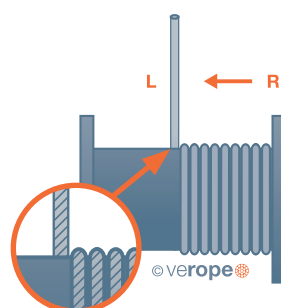
9.2 INSTALACIÓN DE LOS CABLES DE ACERO

La instalación de un cable debe prepararse siempre de la mejor manera posible.

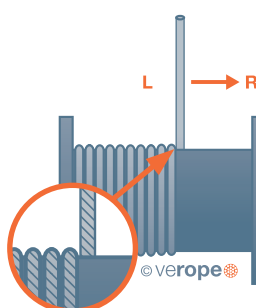
→ Control del cable nuevo

El cable nuevo debe ser controlado en cuanto a su construcción y a su dirección de paso. Además, se medirá el diámetro real del cable. Esta información también debe compararse con los documentos de entrega.

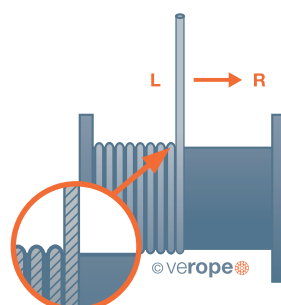
El siguiente gráfico muestra la asignación correcta del tipo de paso del cable, derecho o izquierdo, a el tambor actual, que enrolla el cable desde arriba (overwind) o desde abajo (underwind). Los tambores pueden dividirse en derechos e izquierdos. La regla probada para la elección del cable correcta dice que un cable derecho se debe utilizar en un tambor de izquierdo y viceversa. Esto es válido para todos los tambores de una capa. Recomendamos seguir esta regla también para tambores multicapa.



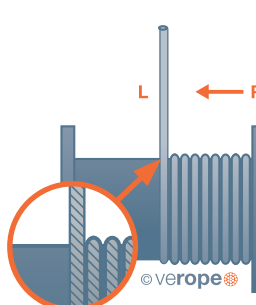
Caso A: La dirección de desenrollado es de derecha a izquierda. Los tambores de paso izquierdos requieren cables derechos



Caso B: La dirección de desenrollado es de izquierda a derecha. Los tambores de paso derechos requieren cables izquierdos



Caso C: Sobre: la dirección de bobinado es de izquierda a derecha. Los tambores de paso izquierdos requieren cables derechos



Case D: Sobre: la dirección de bobinado es de derecha a izquierda. Los tambores de paso derechos requieren cables izquierdos

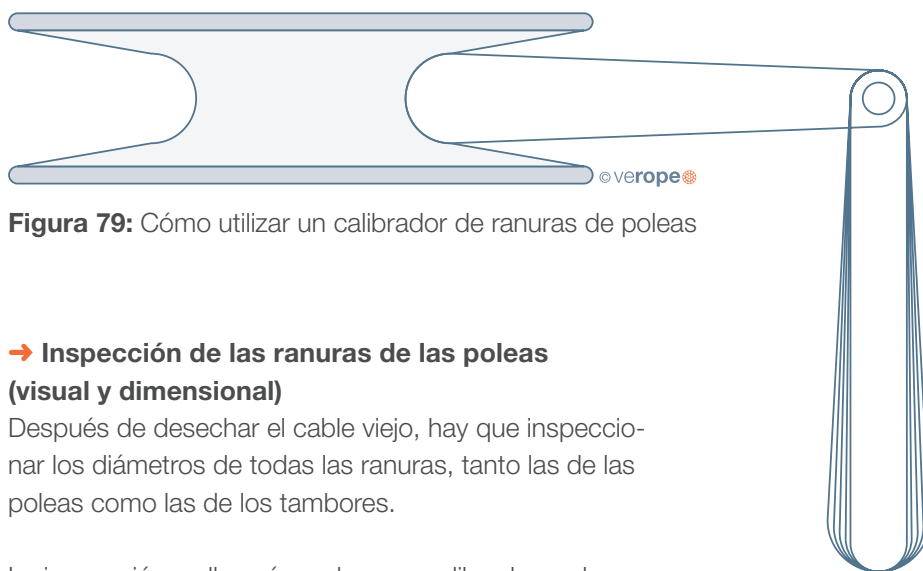


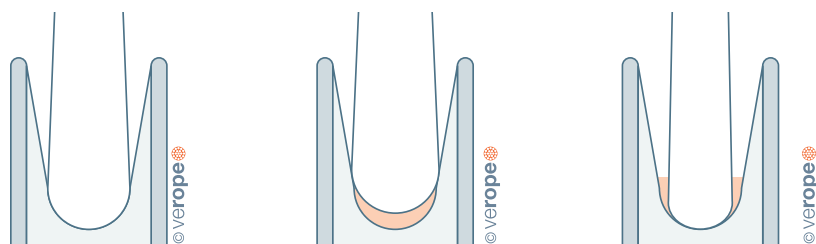
Figura 79: Cómo utilizar un calibre de ranuras de poleas

→ Inspección de las ranuras de las poleas (visual y dimensional)

Después de desechar el cable viejo, hay que inspeccionar los diámetros de todas las ranuras, tanto las de las poleas como las de los tambores.

La inspección se llevará a cabo con calibradores de ranuras adecuados. Las poleas dañadas o flojas siempre deben cambiarse o rectificarse.

Posibles resultados de la inspección de la ranura



Caso A

Caso A: La ranura está bien.

Caso B

Caso B: La dimensión de la ranura es menor que requerida por la norma. En este caso, el cable no debe instalarse porque quedaría apretado y, por tanto, se dañaría en la ranura. La consecuencia sería un daño inevitable de la estructura del cable.

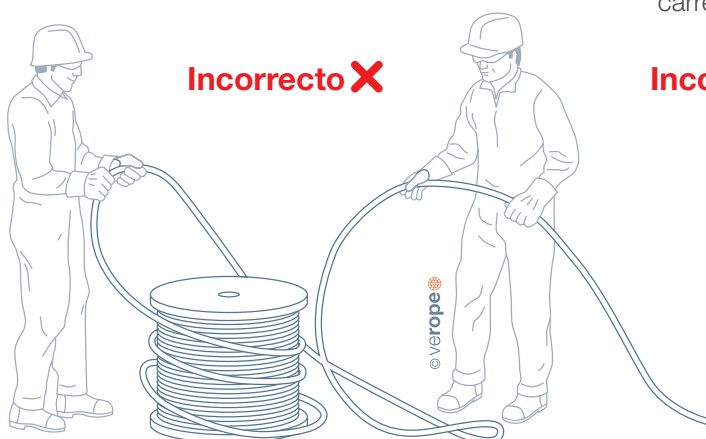
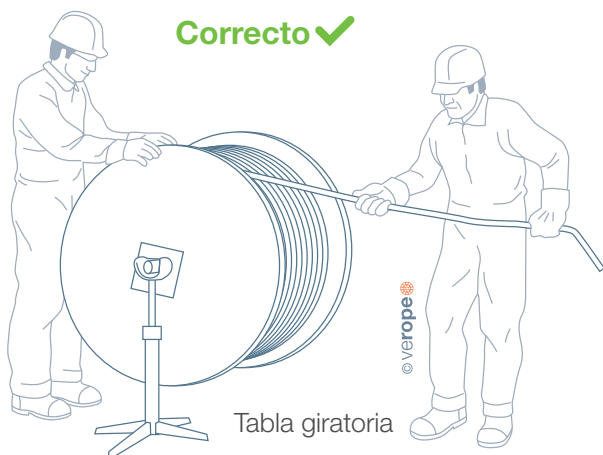
Caso C

Caso C: Aunque las ranuras de las poleas demasiado grandes reducen la vida útil de un cable, prácticamente no es tan grave, por lo que inicialmente no debe tener ninguna consecuencia.

→ Proceso de instalación del cable

La instalación del cable debe realizarse con mucho cuidado y siempre por personal bien formado y con experiencia. Por favor, asegúrese de observar los siguientes puntos:

1. While ropes that are delivered on a ring can easily be laid out, ropes which are winded onto drums have to go over suitable unwinding devices like a rotary table or a pay off machine.

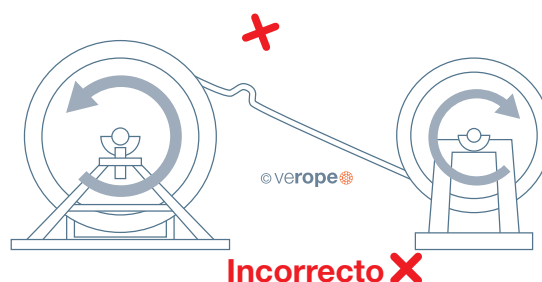
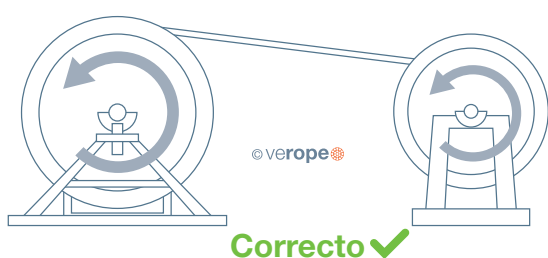


2. No tire nunca del cable para sacarlo del anillo o del carrete. Esto introduce una torsión en el cable.



3. En algunas instalaciones de cables, la inserción del nuevo cable se realiza con la ayuda del cable viejo. En particular, con el cambio de cables de elevación antigiratorios, la conexión entre los dos cables debe elegirse de tal manera que la torsión que pueda haber en el cable viejo no pueda transferirse al cable nuevo. Esto se puede conseguir, por ejemplo, conectando los dos cables con un eslabón giratorio.

4. Tenga en cuenta la dirección de bobinado. Coloque el carrete suministrado de forma que la dirección de enrollado del cable sea la misma. Evite direcciones de bobinado opuestas con flexión inversa durante la instalación del cable.





5. Por favor, compruebe toda la zona de rebobinado antes de iniciar el proceso de enrollado para asegurarse de que el cable se ha enrollado correctamente durante el proceso de instalación y no se deja sobre cualquier borde.

6. Enrolle y desenrolle el cable siempre de forma controlada. Recomendamos que una persona controle el proceso de desenrollado de la bobina suministrada que tenga contacto con el operador de la grúa, para poder detener el proceso de instalación en caso de interrupciones en cualquier momento.

7. Cómo desmontar el extremo del cable del carrete suministrado: Por favor, interrumpa el proceso de instalación, cuando en la bobina suministrada queden unas 5 vueltas para desmontar la terminal o el extremo del cable., respectivamente, que puede estar colocados en el interior de la bobina. Continúe después a una velocidad de bobinado muy baja y detenerse poco antes del punto final. Detenga el proceso de instalación y desmonte la terminal o el extremo del cable.

→ Funcionamiento inicial tras el proceso de instalación

Una vez finalizado el proceso de instalación, se recomienda volver a tensar el cable por completo una vez.

Toda la longitud del cable debe moverse con poca carga sobre todas las poleas. Esto asegura que los elementos del cable se acomoden en la estructura del mismo. Le pedimos que repita este proceso varias veces para que el cable esté preparado para la aplicación de la mejor manera posible.

En el caso de la bobina multicapa, el cable debe enrollarse bajo una tensión previa, que se explica en la siguiente sección.

→ Instalación del cable con bobina multicapa

La instalación de un cable en un tambor multicapa es especialmente difícil. Bien sea la longitud de cable muy grande o estemos en la instalación inicial, todo el proceso de instalación debe planificarse minuciosamente. Esto también es válido, si las longitudes de los cables deben colocarse en el tambor de la grúa, de lo que se sabe, que después de la instalación del cable no es posible un nuevo enrollado y desenrollado debido a la configuración temporal de la grúa - véase también "funcionamiento inicial".

En el carrete suministrado se aplicará siempre un freno. La fuerza de rotura debe ser elegida de tal manera que no se destruya el cable enrollado en el carrete suministrado. La tensión de frenado generada hace que el bobinado en el tambor de la grúa sea mucho más fácil, esto gracias a la tensión generada por el freno. Pero normalmente no alcanza la tensión preliminar para el bobinado multicapa, que se considera necesaria. Por favor, vea la siguiente explicación.

Si no se dispone de herramientas para generar fuerza de frenado el cable debe colocarse en la grúa con la menor carga posible como sea posible. La fuerza de frenado no debe generarse en ningún caso por la sujeción del cable, ya que esto puede acarrear fuertes daños en el cable durante el proceso de instalación.

→ Importancia de la tensión preliminar de los cables con bobinado multicapa

En el bobinado multicapa la tensión preliminar correcta de del cable es esencial para asegurar un buen comportamiento de la bobina y minimizar el desgaste del cable en las capas inferiores de la bobina, que están sometidas a una gran tensión, debido a la presión.

La experiencia práctica ha demostrado que una tensión preliminar del cable de aproximadamente el 10% de la carga nominal del cable tiene un impacto positivo y sostenible. Si esta tensión preliminar del cable no se puede realizar debido a la longitud del cable de la grúa, también es útil una tensión previa menor, aunque no sea tan eficaz como la del 10% de la carga nominal.

Los indicios, de que la tensión preliminar del cable es insuficiente o inexistente, son las alteraciones en el enrollamiento. Estas están causadas por la formación de espacios, debido a la carga de compresión de los cables, los cuales se mueven bajo las capas de enrollamiento. Si esta condición no se corrige, pueden producirse cortes en las líneas del cable y dañar fuertemente el cable hasta el punto de llegar a su criterio de descarte.

Por lo tanto, renueve la tensión preliminar del cable en toda su longitud con regularidad, a más tardar cuando se produzcan perturbaciones reconocibles en el bobinado, en toda la longitud del cable. Esto puede ayudar a prolongar la vida útil de forma significativa.

En el bobinado multicapa, los cables especiales, sobre todo los cables de elevación antigiratorios, funcionan de forma más económica si se utiliza regularmente la longitud de cable instalada en la grúa.

En caso de que determinadas zonas del cable no se utilicen regularmente debido a las condiciones de trabajo o a la configuración de la grúa, se recomienda la aplicación de una longitud de cable adaptada para evitar posibles daños en el cable.



INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

TENGA EN CUENTA QUE LA SELECCIÓN Y EL USO INCORRECTOS DE LOS CABLES DE ACERO PUEDEN SER PELIGROSOS.

¡PROTÉJASE A SÍ MISMO Y A LOS DEMÁS!

UN FALLO EN EL CABLE METÁLICO O EN LA TERMINAL DEL MISMO PUEDE CAUSAR LESIONES GRAVES
¡O LA MUERTE!

Con la siguiente información, nos gustaría llamar su atención sobre algunos puntos clave para la correcta selección, uso y supervisión de los cables de acero. Además de la literatura técnica general sobre cables de acero y las normas nacionales e internacionales, su equipo de verope® estará encantado de ayudarle con todas las preguntas relacionadas con los cables.

No dude en ponerse en contacto con nosotros.

- ➔ **Inspeccione siempre los cables de acero y las terminales de cable en lo que respecta a desgaste, daños o antes de utilizarlos. No utilice nunca cables o terminales cables que estén desgastados, dañados o maltratados.**
- ➔ **No sobrecargue nunca un cable de acero. Tenga en cuenta que las temperaturas ambientales muy altas o bajas pueden cambiar drásticamente el comportamiento del cable metálico, así como la terminal del mismo.**
- ➔ **Por favor, póngase en contacto con nosotros si tiene alguna duda sobre el uso seguro en un determinado entorno.**
- ➔ **Tenga en cuenta que cualquier terminal montada por verope® no debe ser modificada.**
- ➔ **Los cables de acero y las terminales de cable no son a prueba de fatiga. Para un uso seguro y adecuado, es necesario realizar un mantenimiento e inspección.**
- ➔ **Los cables de acero y las terminales de cables de acero tienen que ser desechados cuando los resultados de la inspección indiquen que un uso posterior sería inseguro. Consulte las normas internacionales o nacionales aplicables en su versión correspondiente (por ejemplo, ISO 4309, EN 12385 y EN 13411), y otra literatura técnica general o reglamentos relativos a la inspección, examen y criterios de descarte tanto para cables de acero como para terminales de cables de acero.**
- ➔ **Nuestros productos están sujetos a modificaciones, esto puede cambiar las especificaciones. La información relevante es siempre los datos de nuestra página web.**
- ➔ **La sección transversal en nuestra hoja de datos muestra un diámetro de cable típico y puede variar dentro de la gama.**



USO DE CABLES MÉTRICOS EN GRÚAS EN SISTEMA INGLES Y DE CABLES EN SISTEMA INGLES EN GRÚAS MÉTRICAS

Cuando se utilizan cables en mm en grúas en pulgadas o viceversa a menudo se selecciona el diámetro de cable equivocado. En este caso es válida la siguiente tabla de selección.

La tabla debe utilizarse de la siguiente manera:

→ **Caso 1:** La grúa tiene una polea o tambor que está dimensionada para cables en sistema inglés (unidad: pulgada) y un cable métrico (unidad: mm) tiene que ser instalada.

Para el diámetro en pulgadas de la columna de la izquierda, el diámetro nominal del cable puede elegirse en mm en la columna de la derecha si se muestra en el mismo color.

Ejemplo: Si la polea o el tambor se han dispuesto para un diámetro nominal del cable de 1 1/4 pulgadas, se puede utilizar un cable con un diámetro nominal de 32 mm. Si el diámetro del cable en la columna de la derecha se muestra en un color, hay que elegir el siguiente diámetro nominal del cable en mm, suponiendo que se cumplen los requisitos de resistencia a la rotura.

Ejemplo: Si las poleas o tambores están dispuestos para un cable con un diámetro nominal de 1 pulgada, se debe elegir un cable métrico de diámetro nominal de 25 mm.

→ **Caso 2:** La grúa tiene una polea o tambor que está dimensionado para cables métricos (unidad: mm) y debe instalarse un cable en sistema inglés. Para el diámetro en mm en la columna de la derecha, el diámetro nominal del cable puede elegirse en pulgadas de la columna de la izquierda si se muestra en el mismo color.

Ejemplo: Si la polea o el tambor se han dispuesto para un cable de 32 mm, se puede utilizar un cable de 1-1/4 pulgadas. Si el diámetro del cable en el lado izquierdo se muestra en otro color, el anterior diámetro nominal del cable más pequeño de la columna de pulgadas debe ser elegido. Con esto se supone que se cumplen los requisitos de resistencia a la rotura.

Ejemplo: Si la polea o el tambor se han dispuesto para un cable de 26 mm de diámetro nominal, debe elegirse un cable en sistema ingles del diámetro nominal de 1 pulgada.

TABLA DE CONVERSIÓN

Ø inch	Ø mm
0,236	6
1/4	6,350
0,276	7
5/16	8
0,354	9
3/8	9,525
0,394	10
7/16	11
0,472	12
1/2	12,7
0,512	13
0,551	14
0,591	15
5/8	15,875
0,630	16
0,669	17
0,709	18
3/4	19
0,787	20
0,827	21
7/8	22
0,906	23
0,945	24
0,984	25
1	25,400

Ø inch	Ø mm
1,024	26
1,063	27
1,102	28
1 1/8	28,575
1,142	29
1,181	30
1,220	31
1 1/4	32
1,299	33
1,339	34
1,378	35
1,417	36
1,457	37
1 1/2	38
1,535	39
1,575	40
1 5/8	41,275
1,654	42
1,732	44
1 3/4	44,450
1,811	46
1 7/8	47,625
1,890	48
1,969	50
2	50,800

©verope

Longitud	1 m	1000 mm	39,37 Pulgada	3,281 Pie	
	1 mm	0,03937 Pulgada	0,003281 Pie		
	1 Pie	304,8 cm	0,3048 mm		
	1 Pulgada	25,4mm	0,0254mm		
Fuerza	1 kN	1000 N	101,972 kg	0,101972 ton	224,8089 lbf
	1 kg	9,80665 N			
	1 Ton. corta, 2000 lb	907,185 kg			
	1 Ton. larga, 2240 lb	1016,047 kg			
Masa/ Peso	1 ton	1000 kg	2204,623 lbs	1,102 Ton. corta, 2000 lb	0,9842 Ton. larga, 2240 lb
Peso aproximado	1 kg/m	0,672 lbs/ft			
Grado de tracción	1 N/mm²	0,10197 kp/mm²			

CENTRO DE SERVICIOS VEROPE®

verope® – confíe en nosotros

verope® AG, fundada en 2004 como empresa conjunta de Pierre Verreet y Kiswire, es sinónimo de cables especiales de alta calidad en los que se puede confiar. Juntos seguiremos centrándonos en el desarrollo de productos de alta calidad: la próxima generación de cables especiales.

Centro de servicios verope®

A principios de 2011, verope® introdujo un nuevo concepto de servicio estratégico para el mercado europeo. Se realizaron importantes inversiones en el nuevo centro de servicio y logística en Contwig/ Alemania, que permite a verope® almacenar, procesar su amplia gama de cables especiales de alta calidad y con cortos plazos de entrega.

El procesamiento eficiente y controlado de los cables es una parte esencial de nuestra actividad en nuestra sede alemana. Aquí combinamos los conocimientos técnicos y la experiencia en ingeniería de procesos para ensamblar cables especiales con terminales estándar y/o diseñadas por verope® según los requisitos del cliente.

El equipo del Centro de Servicios de verope® se complace en ofrecer a nuestros clientes servicios altamente cualificados en los que puede confiar en todo momento.

Departamento técnico

Otra actividad importante del Centro de Servicios de verope® es el departamento técnico, dividido en las divisiones de terminales, pruebas de cables y Servicio Técnico al Cliente Mundial.

Un objetivo estratégico de verope® es acompañar a sus cables especiales durante su uso hasta su descarte.

Ofrecemos:

- Servicio técnico al cliente
- Asesoramiento técnico, incluido el análisis, por ejemplo cálculos teóricos de la vida útil
- Inspecciones de cables y grúas (sistema de aparejo) y elaboración de informes
- Análisis de daños
- Formación y seminarios
- Diferentes tipos de pruebas, en nuestras propias instalaciones de ensayo, tales como:
 - Ensayo de tracción hasta 2500 kN
 - Ensayo de fatiga por flexión para varios diámetros de cable
 - Diversos ensayos para determinar el comportamiento rotacional de los cables
 - Medición del alargamiento
 - Determinar del módulo de elasticidad
 - Pruebas de flexibilidad de los cables
 - Medición de la reducción del diámetro bajo carga
 - Estabilidad radial
 - Prueba de fatiga por tensión

A través de nuestras mejoras permanentes en los procesos de producción y las inversiones en nuestra infraestructura, el Centro de Servicios verope® es el principal centro para nuestros clientes OEM y nuestro centro de competencia para todos nuestros conceptos de centros de servicio globales.

Estamos preparados para ofrecer más detalles de nuestro concepto y demostrar las ventajas para nuestros valiosos clientes.

Centro de servicios verope® con el centro de Investigación y Desarrollo

VEROPE® EN TODO EL MUNDO

SERVICIO Y DISTRIBUCIÓN

Con nuestro programa de mantenimiento de existencias en los diferentes centros de servicio verope®, podemos conectar la distancia entre nuestra moderna planta de producción de cables y Kiswire, el socio de la empresa en operación conjunta, tanto en Corea del Sur, como en Malasia. Así como con las necesidades del día a día del cliente localmente. Nuestros centros de servicio y logística son capaces de convertir en poco tiempo cualquier consulta en acción.

- ❶ **verope® AG (Headquarters)**, Zug, Suiza
- ❷ **verope® Service Centre GmbH**, Contwig, Alemania
- ❸ **verope® France**, Paris, Francia
- ❹ **verope® UK**, Birmingham, Reino Unido
- ❺ **verope® Distribution singapore Pte. Ltd**, Singapur
- ❻ **verope® USA.**, Houston, EE.UU.
- ❼ **LTI Steel Wire Rope Co., Ltd.**, Shanghai, China
- ❽ **verope® do Brasil**, Resende, RJ, Brasil
- ❾ **verope® Steel Wire Ropes Private Limited**, Mumbai & New Delhi, India
- ❿ **verope® Middle East**, Dubai, EAU

VEROPE® CUENTA CON UNA RED MUNDIAL DE DISTRIBUIDORES PROFESIONALES QUE SELECCIONAN DE FORMA EXPERTA EL CABLE DE ALTO RENDIMIENTO QUE SE ADAPTE A SUS NECESIDADES REGIONALMENTE



FOLLETO TÉCNICO

Edición Abril 2019

Todos los derechos están reservados.
Copyright 2021 verope® AG.

La impresión o reproducción de
cualquiera de este material en parte
o totalmente solo está permitida con
expreso consentimiento del publicante.

Impreso en papel amigable con el
medio ambiente FSC®.



verope® AG

St. Antons-Gasse 4a
CH-6300 Zug / Switzerland
Tel: +41 (0) 41 72 80 880
Fax: +41 (0) 41 72 80 888

www.verope.com
info@verope.com